

KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: **1020030001529 A**
 (43)Date of publication of application: **06.01.2003**

(21)Application number: **1020027015632**
 (22)Date of filing: **19.11.2002**
 (30)Priority: **10.07.2000 US2000 217228**

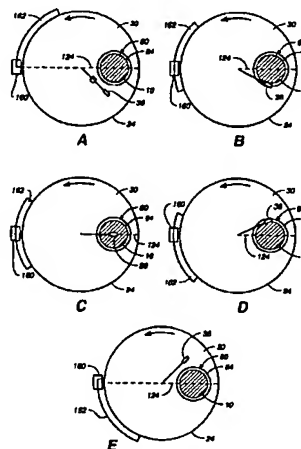
(71)Applicant: **APPLIED MATERIALS INC.**
 (72)Inventor: **HANAWA HIROJI
 JOHANSSON NILS
 SWEDEK BOGUSLAW A.
 BIRANG MANOOCHER
 REDEKER FRITZ C.
 BAJAJ RAJEEV**

(51)Int. Cl **B24B 37/04**

(54) IN-SITU ENDPOINT DETECTION AND PROCESS MONITORING METHOD AND APPARATUS FOR CHEMICAL MECHANICAL POLISHING

(57) Abstract:

A chemical mechanical polishing apparatus has a polishing pad (30), a carrier (70) to hold a substrate (10) against a first side of the polishing surface, and a motor coupled to at least one of the polishing pad (30) and carrier head (70) for generating relative motion therebetween. An eddy current monitoring system (40) is positioned to generate an alternating magnetic field in proximity to the substrate (10), an optical monitoring system (140) generates a light beam and detects reflections of the light beam from the substrate (10), and a controller (90) receives signals from the eddy current monitoring system (40) and the optical monitoring system (140).



copyright KIPO & WIPO 2007

Legal Status

Date of request for an examination (20060502)
 Notification date of refusal decision (00000000)
 Final disposal of an application (registration)
 Date of final disposal of an application (20080205)
 Patent registration number (1008278710000)
 Date of registration (20080429)
 Number of opposition against the grant of a patent ()
 Date of opposition against the grant of a patent (00000000)
 Number of trial against decision to refuse ()
 Date of requesting trial against decision to refuse ()
 Date of extinction of right ()

(19) 대한민국특허청 (KR)
(12) 공개특허공보 (A)

(51) 。 Int. Cl. ⁷
B24B 37/04

(11) 공개번호 특2003 - 0001529
(43) 공개일자 2003년01월06일

| | | | |
|---------------|---------------------|-------------|---------------|
| (21) 출원번호 | 10 - 2002 - 7015632 | (87) 국제공개번호 | WO 2001/89765 |
| (22) 출원일자 | 2002년11월19일 | (87) 국제공개일자 | 2001년11월29일 |
| 번역문 제출일자 | 2002년11월19일 | | |
| (86) 국제출원번호 | PCT/US2001/16290 | | |
| (86) 국제출원출원일자 | 2001년05월18일 | | |

(81) 지정국 국내특허 : 일본, 대한민국,
 EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스, 터키,

| | | | |
|------------|------------|-------------|---------|
| (30) 우선권주장 | 09/574,008 | 2000년05월19일 | 미국 (US) |
| | 60/217,228 | 2000년07월10일 | 미국 (US) |
| | 60/221,668 | 2000년07월27일 | 미국 (US) |

(71) 출원인 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
 미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자 하나와, 히로지
 미국94086캘리포니아씨니베일스프루스트라이브696
 조한슨, 닐스
 미국95032캘리포니아로스가토스케네디로드16450
 스웨텍, 보구스로, 에이,
 미국95131캘리포니아샌어제이윌로우레이크레인1649
 비랑, 마누체
 미국95033캘리포니아로스가토스파브레리지로드18836
 레데커, 프리츠, 씨,
 미국94539캘리포니아프레몬트수드라이브1801
 바자, 라지브
 미국95054캘리포니아산타클라라엠/에스1512코로나도드라이브3111

(74) 대리인 남상선

심사청구 : 없음

(54) 화학 기계 폴리싱을 위한 인시츄 방식의 엔드포인트 검출 및 공정 모니터링 방법 및 장치

요약

화학 기계 폴리싱 장치는 폴리싱 패드(30), 폴리싱 면의 제 1 측부에 기판(10)을 홀딩하기 위한 캐리어(70), 및 그 사이에 상대적인 운동을 발생하기 위한 폴리싱 패드(30)와 캐리어 패드(70) 중 하나 이상에 결합되는 모터를 가진다. 와류 모니터링 시스템(40)은 기판(10) 근처에 교번 자기장을 발생하도록 배치되며, 광학 모니터링 시스템(140)은 광선을 발생하고 기판으로부터 광선의 편향을 감지하며, 그리고 제어기(90)는 와류 모니터링 시스템(40)과 광학 모니터링 시스템(140)으로부터 신호를 수신한다.

대표도

도 3b

명세서

배경기술

본 발명은 넓게는 기판의 화학 기계 폴리싱에 대한 것이며, 보다 구체적으로는 화학 기계 폴리싱을 하는 동안 금속층을 모니터링하기 위한 방법 및 장치에 대한 것이다.

집적회로는 도전층, 반도체층 또는 절연층을 기판 위에 연속적으로 증착시킴으로써 형성되는 것이 일반적이다. 제조 공정 중 한 단계에서는, 평탄하지 않은 표면에 충전재층(filler layer)을 증착하고, 평탄한 층이 나타날 때까지 이 충전재층을 폴리싱한다. 예를 들어 도전성 충전재층은 패턴이 형성된 절연층에 증착되어, 절연층 내에 구멍이나 트렌치를 형성한다. 이후 충전재층은 절연층의 움기된 패턴이 노출될 때까지 폴리싱된다. 평탄화 이후, 절연층의 움기된 부분 사이에 남아 있는 도전층의 일부는 비아, 플러그 및 라인을 형성하는데, 이들은 기판 위의 얇은 회로 사이에서 도전성 경로를 제공한다. 더욱이 평탄화는 포토리소그래피를 위해 기판 표면을 평탄화하는 데에도 필요하다.

화학 기계 폴리싱(CMP)은 평탄화를 위해 채용되는 방법 중 하나이다. 이 평탄화 방법에서는 보통 기판이 캐리어나 폴리싱 헤드에 장착되어 있어야 한다. 기판의 노출된 표면은 회전하는 폴리싱 디스크 패드 또는 벨트 패드에 대해 놓인다. 폴리싱 패드는 "표준(standard)" 패드이거나 고정 연마 패드(fixed - abrasive pad)일 수 있다. 표준 패드는 내구성 있는 거친 표면을 가지는 반면, 고정 연마 패드는 유지 매체(containment media) 내에 지지되는 연마재 입자를 가진다. 캐리어 헤드는 제어 가능한 하중을 기판에 제공하여 기판을 폴리싱 패드에 대해 누른다. 표준 패드가 사용될 경우 연마입자 및 적어도 하나의 화학 반응제(chemically - reactive agent)를 포함하는 폴리싱 슬러리가 폴리싱 패드 표면에 공급된다.

CMP의 한 가지 문제는, 폴리싱 공정이 끝났는지, 즉 기판층이 원하는 평탄도 즉 두께로 평탄화되었는지 또는 언제 원하는 양의 물질이 제거되었는지를 측정하는 것이다. 도전층이나 필름을 오버폴리싱(너무 많이 제거)하면 회로 저항이 높아질 수 있다. 반대로, 도전층을 언더폴리싱(너무 적게 제거)하면 전기 쇼팅이 발생할 수 있다. 기판층의 초기 두께, 슬러리 조성, 폴리싱 패드의 상태, 폴리싱 패드와 기판의 상대 속도, 기판에의 하중이 변하면, 폴리싱 엔드포인트에 이르기까지 필요한 시간이 변화될 수 있다. 그러므로 폴리싱 엔드포인트는 단순히 폴리싱 시간의 함수로서 결정되어서는 안된다.

폴리싱 엔드포인트를 측정하기 위해 폴리싱 면에서 기판을 제거하여 검사하는 방법이 있다. 예를 들어 기판은 검사 스

테이션(metrology station)으로 이송되고, 이곳에서 기관층의 두께가 예를 들어 프로필로미터(profilometer)나 비저항(resistivity) 측정에 의해 측정될 수 있다. 요구되는 규격이 달성되지 않으면, 기관은 CMP 장치에 재장착되어 추가로 처리된다. 이에 따라 시간이 상당히 소모되어 CMP 장치의 효율을 낮아진다. 이와 달리, 과도한 양의 물질이 제거되었음이 검사에 의해 밝혀지면 기관은 못쓰게 된다.

보다 최근에는, 예를 들어 광학 센서나 정전용량 센서로 기관을 인시츄 모니터링(in-situ monitoring)하여 폴리싱 엔드포인트를 검출하여 오고 있다. 제안된 다른 엔드포인트 검출 기술은 마찰, 모터 전류, 슬러리의 화학조성, 음향 또는 전도도 등과 관련되어 있다. 고려되는 한 가지 검출 방법은 금속층 내에 와류를 흘리고 금속층이 제거됨에 따른 와류의 변화를 측정하는 것이다.

CMP 처리에서 발생하는 다른 문제로는, 하부층에 노출된 충전재층을 폴리싱할 때 기관 표면의 디싱(dishing)이 있다. 구체적으로, 일단 하부층이 노출되면, 충전재층 중 패턴이 형성된 하부층의 용기된 부분 사이에 위치한 부분은 오버폴리싱되어, 기관 표면에 오목한 함몰부(depression)를 형성할 수 있다. 디싱이 일어나면 기관은 집적회로 제조에 적절하지 못하게 되어, 공정의 수율을 낮춘다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 한 특징은 기관 내 도전성 필름을 모니터링하기 위한 센서에 있다. 센서는, 기관 부근에 위치할 수 있는 코어, 제 1 코일에 전기적으로 결합되어 제 1 코일에 교류를 유도하고 기관 부근에 교번 자기장을 발생시키는 오실레이터, 및 코어의 제 2 부분 둘레에 감기는 제 2 코일을 포함한다. 축전기는 제 2 코일에 전기적으로 결합되며, 증폭기는 제 2 코일 및 축전기에 전기적으로 결합되어 출력 신호를 생성한다.

본 발명의 실시예는 아래 특징 중 하나 이상이 포함된다. 오실레이터는 교류를 포함하며 그 주파수는 기관이 코어 부근에 있지 않을 때 공명 주파수를 제공하도록 선택된다. 코어는 페라이트를 필수 구성요소로 하여 이루어질 수 있으며, 두 개의 갈래(prong) 및 이들 갈래 사이의 연결부를 포함할 수 있다. 제 1 코일은 연결부 둘레에 감길 수 있고, 제 2 코일은 두 개의 갈래 중 적어도 하나의 둘레에 감길 수 있다. 제 2 코일 및 축전기는 병렬로 연결될 수 있다. 센서는 기관 맞은 편의 폴리싱 패드 쪽에 위치할 수 있다. 폴리싱 패드는 상부층 및 하부층을 포함할 수 있으며, 코어에 인접하는 하부층의 적어도 일부에는 구멍(aperture)이 형성될 수 있다. 컴퓨터가 출력 신호를 수신할 수 있다.

본 발명의 다른 특징은 화학 기계 폴리싱 장치에 있다. 이 장치는 폴리싱 패드, 기관을 폴리싱 면의 제 1 면에 대해 유지하기 위한 캐리어, 와류 센서, 및 적어도 하나의 폴리싱 패드 및 캐리어 헤드에 결합되어 이들 사이에서 상대적 운동을 발생시키기 위한 모터를 포함한다. 센서는 기관 맞은 편, 폴리싱 패드의 제 2 면에 위치하는 적어도 하나의 인덕터, 적어도 하나의 인덕터에 전기적으로 결합되어 코일 내에 전류를 유도하고 교번 자기장을 발생시키는 오실레이터, 및 적어도 하나의 인덕터에 결합되는 축전기를 포함한다.

본 발명은 아래의 특징 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 플래튼(platen)은 폴리싱 패드를 지지할 수 있고, 적어도 하나의 인덕터는 플래튼 상부 면 내의 리세스(recess) 내에 위치될 수 있다. 플래튼은 회전할 수 있으며, 위치 센서는 플래튼 및 컨트롤러의 각 위치를 결정하여, 적어도 하나의 인덕터가 기관 부근에 위치할 때 와류로부터의 데이터를 견본 채취한다. 리세스는 폴리싱 패드의 제 2 면에 형성될 수 있다. 폴리싱 패드는 그 제 1 면에는 커버층을 포함할 수 있고 제 2 면에는 지지층(backing layer)을 포함할 수 있으며, 리세스는 지지층의 일부가 제거됨으로써 형성될 수 있다. 와류 센서는, 폴리싱 패드 내 리세스에 인접하여 위치하는 두 개의 폴(poles)을 가지는 코어를 포함할 수 있으며, 적어도 하나의 인덕터가 코어의 제 1 부분 둘레에 감긴다. 와류 센서는 코어를 포함할 수 있고, 적어도 하나의 인덕터는 코어의 제 1 부에 감긴 제 1 인덕터와 코어의 제 2 부에 감긴 제 2 인덕터를 포함할 수 있다. 상기 오실레이터는 제 1 코일에 교류를 유도하기 위해 제 1 코일에 전기적으로 결합될 수 있다. 상기 캐패시터는 제 2 코일에 전기적으로 결합될 수 있

다. 상기 오실레이터는 기판이 코어 근방에 있지 않을 때 공명 주파수를 제공하도록 선택된 주파수로 교류를 유도할 수 있다. 상기 와류(eddy current) 센서로부터의 출력 신호를 엔드포인트 검출 장치가 수신할 수 있다. 이 엔드포인트 검출 장치는 상기 출력 신호가 소정 임계치를 초과하는 경우 폴리스 엔드포인트를 신호하도록 구성될 수 있다.

다른 양태로서, 본 발명은 폴리스 작업 중에 기판 상의 전도층의 두께를 모니터링하는 방법에 관한 것일 수 있다. 이 방법에서는, 기판이 폴리스 면의 제 1 측면에 위치되고, 폴리스 면의 기판 반대쪽의 제 2 측면에 위치한 인덕터로부터 교번 자기장이 생성된다. 이 자기장은 폴리스 면을 거쳐 연장되어 전도층에 와류를 유도한다. 전도층 두께의 변화에 기인한 교번 자기장의 변화가 검출된다.

본 발명의 실행은 하기 특징 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 제 1 코일이 오실레이터로 제 1 주파수에서 구동될 수 있다. 기판이 자기장 근방에 있지 않을 때 이 제 1 주파수가 공명 주파수일 수 있다. 제 2 코일에 의해 교번 자기장이 감지될 수 있다. 제 2 코일은 캐패시터와 병렬로 연결될 수 있다. 제 1 코일은 코어의 제 1 부분 주위에 감겨질 수 있는 한편, 제 2 코일은 코어의 제 2 부분 주위에 감겨질 수 있다. 인덕터가 기판에 인접할 때가 판단될 수 있다. 인덕터는 제 1 신호에 의해 구동될 수 있고, 교번 자기장으로부터 제 2 신호가 생성될 수 있다. 제 2 신호의 진폭의 변화가 판단될 수 있다. 제 1 신호와 제 2 신호 간의 위상차 변화가 판단될 수 있다.

다른 양태로서, 본 발명은 화학 기계 폴리스 방법에 관련된다. 이 방법에서, 전도층을 갖는 기판이 폴리스 면의 제 1 측면에 위치된다. 폴리스 면의 기판 반대쪽의 제 2 측면에 위치한 인덕터로부터 교번 자기장이 생성된다. 이 자기장은 폴리스 면을 거쳐서 연장되어 전도층에 와류를 유도한다. 전도층을 폴리스하기 위해 기판과 폴리스 면간에 상대 운동이 발생된다. 기판 내의 와류가 감지되고, 감지된 와류가 엔드포인트 기준(endpoint criteria)을 나타낼 때 폴리스가 중단된다.

본 발명의 실행은 하기 특징 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 엔드포인트 기준은 임계치 강도를 지나치거나 같은 정도의 와류일 수 있다.

다른 양태로서, 본 발명은 화학 기계 폴리스 장치에 관련된다. 이러한 장치는 폴리스 면을 갖는 폴리스 패드와, 폴리스 면에 대해 기판을 지지하는 캐리어와, 폴리스 패드 및 캐리어 헤드 중 적어도 하나에 결합되어 상대 운동을 발생시키는 모터와, 전도층 두께 모니터링 장치를 갖는다. 이러한 전도층 두께 모니터링 장치는 적어도 하나의 인덕터와, 구동 신호를 발생시키며 적어도 하나의 인덕터에 결합되어 상기 적어도 하나의 인덕터에 교류를 유도하고 교번 자기장을 생성하는 전류 소스와, 상기 적어도 하나의 인덕터에 전기적 결합되어 교번 자기장을 감지하고 감지 신호를 생성하는 캐패시터를 포함하는 감지 회로와, 상기 전류 소스 및 상기 감지 회로에 결합되어 감지 신호와 구동 신호간의 위상차를 측정하는 위상 비교 회로를 포함한다.

본 발명의 실행은 하기 특징 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 적어도 하나의 제 1 게이트, 예컨대 XOR 게이트가 인덕터 및 오실레이터로부터의 사인 신호를 제 1 및 제 2 방형파(square-wave) 신호로 변환할 수 있다. 비교기, 예컨대 XOR 게이트가 제 1 방형파 신호와 제 2 방형파 신호를 비교하여 제 3 방형파 신호를 생성할 수 있다. 필터가 상기 제 3 방형파 신호를, 상기 제 1 및 제 2 방형파 신호간의 위상차에 비례하는 진폭을 갖는 차이 신호로 변환시킬 수 있다. 위상 비교 회로가 상기 위상차에 비례하는 듀티 사이클(duty cycle)을 갖는 신호를 생성할 수 있다.

다른 양태로서, 본 발명은 화학 기계 폴리스 작업시 기판 위의 전도층의 두께를 모니터링하는 방법에 관한 것일 수 있다. 이 방법에서, 코일이 제 1 신호에 의해 전력을 얻어서 교번 자기장을 생성한다. 교번 자기장은 기판의 전도층에 와류를 유도한다. 교번 자기장이 측정되고 자기장을 나타내는 제 2 신호가 생성된다. 제 1 및 제 2 신호는 비교되어 이들 간의 위상차를 판단하도록 한다.

다른 양태로서, 본 발명은 화학 기계 폴리싱 장치에 관한 것이다. 이 장치는 폴리싱 패드와, 폴리싱 면의 제 1 측면에 대해 기판을 지지하는 캐리어와, 기판 근방에 교번 자기장을 생성하도록 위치한 와류 모니터링 장치와, 광선을 발생시키고 기판으로부터 광선의 반사를 검출하는 광학 모니터링 장치와, 상기 와류 모니터링 장치 및 광학 모니터링 장치로부터 신호를 수신하는 제어기와, 상기 폴리싱 패드 및 캐리어 헤드 중 적어도 하나에 결합되어 이들 사이에서 상대 운동을 발생시키는 모터를 포함한다.

본 발명의 실행은 다음 특징 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 와류 모니터링 장치는 폴리싱 패드의 기판 반대쪽의 제 2 측면에 위치한 인덕터를 포함할 수 있다. 이 인덕터는 폴리싱 패드 아래에서 플레이트(platen) 내의 제 1 캐비티 내에 위치될 수 있다. 광학 모니터링 장치는 광원과, 폴리싱 패드의 기판 반대쪽의 제 2 측면에 위치한 광검출기를 포함할 수 있다. 상기 광원 및 광검출기는 폴리싱 패드 아래에서 플레이트 내의 제 1 캐비티 내에 위치되거나 혹은 제 2 캐비티 내에 위치될 수 있다. 와류 모니터링 장치 및 광학 모니터링 장치는 기판 상에서 거의 동일한 반경방향 위치를 모니터링하도록 위치될 수 있다. 상기 제어기는 와류 모니터링 장치 및 광학 모니터링 장치 양쪽으로부터의 신호에서 엔드포인트 기준을 검출하도록 구성될 수 있다.

다른 양태에서, 본 발명은 화학 기계 폴리싱 방법에 관한 것이다. 이 방법에서, 기판이 폴리싱 면의 제 1 측면에 위치되고, 기판을 폴리싱하기 위해 기판과 폴리싱 면 사이에 상대 운동이 발생되며, 와류 모니터링 장치로부터 제 1 신호가 생성되고, 광학 모니터링 장치로부터 제 2 신호가 생성되며, 상기 제 1 및 제 2 신호는 엔드포인트 기준에 대해 모니터링된다.

본 발명의 실행은 하기 특징 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 신호 모두에서 엔드포인트 기준이 검출될 때, 또는 제 1 및 제 2 신호 중 어느 하나에서 엔드포인트 기준이 검출될 때, 폴리싱이 중단될 수 있다. 기판은 금속층을 포함할 수 있고, 상기 모니터링의 단계는 이러한 금속층이 소정 두께에 도달될 때까지 와류 모니터링 장치로부터의 신호를 모니터링한 다음, 광학 모니터링 장치로부터의 신호를 모니터링하는 것을 포함할 수 있다.

다른 측면에서, 본 발명은 기판상의 금속 층(metal layer)을 화학적 기계적 폴리싱하는 방법을 제시한다. 기판은 제 1 폴리싱 속도(polishing rate)로 제 1 폴리싱 스테이션에서 제 1 폴리싱 면으로 폴리싱된다. 제 1 폴리싱 스테이션에서의 폴리싱은 와류 모니터링 시스템(eddy current monitoring system)으로 모니터링되고, 그런후 기판상에 사전 설정된 두께의 금속 층이 잔류한다는 것을 와류 모니터링 시스템이 나타내는 경우 기판은 제 2 폴리싱 스테이션으로 전달된다. 기판은 제 1 폴리싱 속도보다는 느린 제 2 폴리싱 속도로 제 2 폴리싱 스테이션에서 제 2 폴리싱 면으로 폴리싱된다. 폴리싱은 광학 모니터링 시스템으로 제 2 폴리싱 스테이션에서 모니터링되는데, 제 1 기저층(underlying layer)이 적어도 부분적으로 노출되었다는 것을 광학 모니터링 시스템이 나타내는 경우에 폴리싱이 중단된다.

본 발명의 실행은 다음 특징 중의 하나 또는 그 이상을 포함할 수도 있다. 제 1 기저층은 경계층(barrier layer)일 수도 있다. 기판은 제 3 폴리싱 스테이션에 전달되어 제 3 폴리싱 면으로 폴리싱될 수도 있다. 제 3 폴리싱 스테이션에서의 폴리싱은 제 2 광학 모니터링 시스템으로 모니터링될 수도 있고, 그리고 제 2 기저층이 적어도 부분적으로 노출되었다는 것을 제 2 광학 모니터링 시스템이 나타내는 경우 폴리싱이 중단될 수도 있다. 제 2 기저층이 거의 전체적으로 노출될 때까지 제 3 폴리싱 스테이션에서의 폴리싱은 계속될 수도 있다. 제 1 기저층이 거의 전체적으로 노출될 때까지 제 2 폴리싱 스테이션에서의 폴리싱이 계속될 수도 있다. 제 2 폴리싱 스테이션에서 기판을 폴리싱하는 것은 제 2 폴리싱 스테이션에서의 잔여 폴리싱보다 높은 압력에서의 초기 폴리싱 단계를 포함할 수도 있다.

다른 측면에서, 본 발명은 기판상의 금속 층을 화학적 기계적 폴리싱하는 방법을 제시한다. 기판은 제 1 폴리싱 속도로

제 1 폴리싱 스테이션에서 제 1 폴리싱 면으로 폴리싱된다. 제 1 폴리싱 스테이션에서의 폴리싱은 와류 모니터링 시스템으로 모니터링되고, 그리고 기판상에 사전 설정된 두께의 금속 층이 잔류한다고 와류 모니터링 시스템이 나타내는 경우에 제 1 폴리싱 스테이션에서의 폴리싱 속도가 감소된다. 제 1 폴리싱 스테이션에서의 폴리싱은 광학 모니터링 시스템으로 모니터링되고, 제 1 기저층이 적어도 부분적으로 노출된다고 광학 모니터링 시스템이 나타내는 경우 폴리싱이 중단된다.

본 발명의 실행은 다음 특징 중의 하나 또는 그 이상을 포함할 수도 있다. 제 1 기저층은 경계 층일 수도 있다. 기판은 제 2 폴리싱 스테이션에 전달되어 제 2 폴리싱 면으로 폴리싱될 수도 있다. 제 2 폴리싱 스테이션에서의 폴리싱은 제 2 광학 모니터링 시스템으로 모니터링될 수도 있고 그리고 제 2 기저층이 적어도 부분적으로 노출된다고 제 2 광학 모니터링 시스템이 나타내는 경우에 폴리싱이 중단될 수도 있다. 기판은 제 3 폴리싱 스테이션에 전달되어 버핑 표면(buffing surface)으로 버핑될 수도 있다. 제 2 폴리싱 스테이션에서의 폴리싱은 제 1 기저층이 거의 전체적으로 노출될 때까지 계속될 수도 있다.

다른 측면에서, 본 발명은 기판이 제 1 폴리싱 속도로 폴리싱되는 기판상의 금속 층을 화학적 기계적 폴리싱하는 방법을 제시한다. 폴리싱은 와류 모니터링 시스템으로 모니터링되고, 기판상에 사전 설정된 두께의 금속 층이 잔류한다고 와류 모니터링 시스템이 나타내는 경우 폴리싱 속도가 감소된다. 폴리싱은 광학 모니터링 시스템으로 모니터링되고, 그리고 기저층이 적어도 부분적으로 노출된다고 광학 모니터링 시스템이 나타내는 경우에 폴리싱이 중단된다.

본 발명의 실시예의 가능한 장점들은 다음 중의 하나 또는 그 이상을 포함할 수도 있다. 금속 층을 벌크 폴리싱하는 동안, 캐리어 헤드에 의하여 인가되는 압력 프로파일이 조정되어 유입 기판의 불 - 균일 두께 및 불 - 균일 폴리싱 속도를 보상할 수도 있다. 게다가, 폴리싱 모니터링 시스템은 금속 층의 폴리싱 엔드포인트를 제자리에서 감지할 수 있다. 더욱이, 폴리싱 모니터링 시스템은 폴리싱 장치가 폴리싱 파라미터를 스위칭하는 지점을 결정할 수 있다. 예를 들어, 폴리싱 모니터링 시스템은 폴리싱 엔드포인트에 앞서 금속 층을 폴리싱하는 동안 폴리싱 속도를 감속시키도록 트리거링하는데 사용될 수도 있다. 폴리싱은 고정밀도로 중단될 수 있다. 디싱(dishing)과 침식(erosion)과 같이 오버 폴리싱 및 언더 폴리싱이 감소될 수도 있어, 수율 및 처리량을 개선할 수 있다.

본 발명의 다른 특징 및 장점들은 도면과 청구 범위를 포함하여 다음 기술을 통해 명백해 질 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 화학적 기계적 폴리싱 장치의 전개된 대략적인 사시도를 도시하고,

도 2는 캐리어 헤드의 대략적인 단면도를 도시하고,

도 3a는 와류 모니터링 시스템 및 광학 모니터링 시스템을 포함하는 화학적 기계적 폴리싱 스테이션의 부분적으로 단면 형성된 대략적인 측면도를 도시하고,

도 3b는 도 3a의 폴리싱 스테이션으로부터 플레튼의 대략적인 평면도를 도시하고,

도 4는 와류 모니터링 시스템의 대략적인 회로도를 도시하고,

도 5는 와류 모니터링 시스템에 의하여 생성되는 자기장을 나타내는 대략적인 횡단면도를 도시하고,

도 6은 와류 센서로부터 코어의 대략적인 사시도를 도시하고,

도 7a 내지 도 7d는 와류 센서를 사용하는 폴리싱 엔드포인트 감지 방법을 대략적으로 도시하고,

도 8은 와류 모니터링 시스템으로부터 진폭 트레이스를 나타내는 그래프를 도시하고,

도 9a 및 도 9b는 와류 모니터링 시스템의 대략적인 회로도들을 도시하고,

도 10은 와류 모니터링 시스템으로부터 위상 전이 트레이스를 나타내는 그래프를 도시하고,

도 11은 광학 모니터링 시스템으로부터 진폭 트레이스를 나타내는 그래프를 도시하고,

도 12는 금속 층을 폴리싱하는 방법을 도시하는 흐름도이고,

도 13은 금속 층을 폴리싱하는 대안적인 방법을 나타내는 흐름도이고,

도 14는 와류 모니터링 시스템을 포함하는 화학적 기계적 폴리싱 스테이션의 부분적으로 횡단면이 형성된 대략적인 측면도를 도시하고,

도 15a 내지 도 15b는 폴리싱 패드의 대략적인 횡단면도를 도시한다.

실시예

도 1을 참조하여, 하나 또는 그 이상의 기판(10)이 CMP 장치(20)에 의하여 폴리싱될 수 있다. 유사한 폴리싱 장치(20)의 설명은 미국 특허 번호 제 5,738,574에서 찾아 볼 수 있는데, 이의 전체적인 명세서는 여기서 이하 참조로써 통합된다. 폴리싱 장치(20)는 일련의 폴리싱 스테이션(22a, 22b, 및 22c) 및 전달 스테이션(23)을 포함한다. 전달 스테이션(23)은 캐리어 헤드와 로딩 장치 사이에서 기판을 전달한다.

각각의 폴리싱 스테이션은 회전 가능한 플래튼(rotatable platen, 24)을 포함하는데, 이 회전 가능한 플래튼에는 폴리싱 패드(30)가 배치된다. 제 1 스테이션(22a) 및 제 2 스테이션(22b)은 내구성의 외측 경표면을 구비하는 층이 두 개인 폴리싱 패드 또는 매입된 마모성 입자를 구비하는 고정-마모성 패드를 포함할 수도 있다. 최종 폴리싱 스테이션(22c)은 비교적 연한 패드 또는 층이 두 개인 패드를 포함할 수 있다. 각각의 폴리싱 스테이션은 폴리싱 패드의 조건을 유지하여 효과적으로 기판을 폴리싱하도록 패드 컨디셔너 장치(28)를 포함할 수도 있다.

도 3a를 참조하여, 층이 두 개인 폴리싱 패드(30)는 통상적으로 배면층(backing layer, 32)를 구비하는데, 이 배면층은 플래튼(24)의 표면 및 덮개층(covering layer, 24)과 접하고, 이 덮개층은 기판(10)을 폴리싱하는데 사용된다. 덮개 층(34)은 배면층(32)보다 통상적으로 더 단단하다. 하지만, 몇몇 패드들은 덮개층만을 구비하고 배면층을 구비하지 않는다. 덮개 층(34)은 가능하게는 충전제로 공동 미소 구체(hollow microspheres) 및/또는 요홈진 표면과 같이 발포되거나 캐스팅된 폴리우레탄(polyurethane)으로 구성될 수 있다. 배면층(32)은 우레탄(urethane)으로 리치된(leached) 압축 펠트 섬유(compressed felt fibers)로 구성될 수 있다. IC-1000으로 구성된 덮개 층 및 SUBA-4로 구성된 배면층으로 이루어진 층이 두 개인 폴리싱 패드는 델라웨어 뉴어크(Newark, Delaware)에 소재한 Rodel, Inc.로부터 입수 가능하다(EC-1000 및 SUBA-4는 Rodel, Inc.의 제품명이다.).

폴리싱 단계 동안, 액체(예를 들어, 산화 폴리싱(oxide polishing)용 탈이온수(deionized water)) 및 pH 어드저스터(pH adjuster)(예를 들어, 산화 폴리싱용 수산화 칼륨(potassium hydroxide))을 포함하는 슬러리(38)는 슬러리 공급 포트 또는 슬러리/린스 아암(39)에 의하여 폴리싱 패드(30)의 표면에 공급될 수 있다. 폴리싱 패드(30)가 통상 패드인 경우, 슬러리(38)는 마모성 입자(예를 들어, 산화 폴리싱용 이산화 실리콘(silicon dioxide))를 포함할 수도 있다.

도 1로 돌아와서, 회전 가능한 다중 - 헤드 카루젤(roastable multi - head carousel, 60)은 네 개의 캐리어 헤드(70)를 지지한다. 카루젤은 중심 포스트(62)를 통하여 카루젤 축(64)을 중심으로 카루젤 모터 어셈블리(도시 안됨)에 의하여 회전되어, 캐리어 헤드 시스템을 선회시키고 그리고 폴리싱 스테이션(22) 및 전달 스테이션(23) 사이에 부착된 기관을 선회시킨다. 세 개의 캐리어 헤드 시스템은 기관을 수용하고 유지하여, 이들을 폴리싱 패드에 대하여 가압함으로써 이들을 폴리싱한다. 한편, 한 개의 캐리어 헤드 시스템은 기관을 전달 스테이션(23)으로부터 수용하고 전달 스테이션(23)으로 기관을 전달한다.

각각의 캐리어 헤드(70)는 캐리어 드라이브 샤프트(74)에 의하여 캐리어 헤드 회전 모터(76)(덮개(68)의 1/4을 제거하여 도시함)에 연결되어, 각각의 캐리어 헤드는 자신의 축을 중심으로 독립적으로 회전할 수 있다. 게다가, 각각의 캐리어 헤드(70)는 카루젤 지지 플레이트(66)에 형성된 반경 방향 슬롯(72)에서 독립적으로 횡으로 진동한다. 적절한 캐리어 헤드(70)의 기술은 1999년 12월 23일과 2000년 3월 27일에 출원된 미국 특허 출원 번호 제 09/470,820호 및 09/535,575에서 찾아볼 수 있는데, 이들은 참고로서 통합된다. 작동 시에, 플레튼은 그 중심 축(25)을 중심으로 회전되고, 그리고 캐리어 헤드는 그 중심축(71)을 중심으로 회전하고 폴리싱 패드의 표면을 횡으로 가로질러 병진 운동한다.

전술한 특허 출원 명세서에서 설명하고 도 2에 도시한 바와 같이, 예시적인 캐리어 헤드(70)는 하우징(202), 베이스 조립체(204), (베이스 조립체(204)의 일부로서 고려될 수 있는)짐발 기구(206), 로딩 챔버(208), 유지 링(210), 및 부상식 상부 챔버(236), 부상식 하부 챔버(234), 및 외측 챔버(238)와 같은 3 개의 가압가능한 챔버를 포함하는 기관 후방 조립체(212)를 포함한다. 상기 로딩 챔버(208)는 하우징(202)과 베이스 조립체(204) 사이에 위치되어 하중을 가하고 베이스 조립체(204)의 수직 위치를 제어한다. 제 1 압력 조절기(도시 않음)는 통로(232)에 의해 로딩 챔버에 유체 연결되어 로딩 챔버의 압력과 베이스 조립체(204)의 수직 위치를 제어한다.

기관 후방 조립체(212)는 가요성 내부 막(216), 가요성 외부 막(218), 내부 지지 구조물(220), 외부 지지 구조물(230), 내부 스페이서 링(222) 및 외부 스페이서 링(232)을 포함한다. 가요성 외부 막(216)은 압력을 제어가능한 영역에 있는 웨이퍼(10)에 가하는 중앙부를 포함한다. 내부 플랩(244)에 의해 밀봉되어 있는 내부 막(216)과 베이스 조립체(204) 사이의 체적은 가압 가능한 부상식 하부 챔버(234)를 제공한다. 내부 플랩(244)과 외부 플랩(246)에 의해 밀봉되어 있는 내부 막(216)과 베이스 조립체(204) 사이의 환형 체적은 가압 가능한 부상식 상부 챔버(236)를 형성한다. 내부 막(216)과 외부 막(218) 사이의 밀봉된 체적은 가압 가능한 외부 챔버(238)를 형성한다. 3 개의 압력 조절기(도시 않음)는 부상식 하부 챔버(234), 부상식 상부 챔버(236) 및 외부 챔버(238)에 독립적으로 연결된다. 따라서, 가스와 같은 유체가 각각의 챔버에 독립적으로 유출 또는 유입될 수 있도록 지향될 수 있다.

부상식 상부 챔버(236), 부상식 하부 챔버(234) 및 외부 챔버(238)내부의 압력을 조합함으로써 외부 막(218)의 상부면에 대한 내부 막(216)의 압력과 접촉 영역을 제어한다. 예를들어, 부상식 상부 챔버(236)의 유체를 외부로 펌핑함으로써 내부 막(216)의 에지가 외부 막(218)으로부터 들어올려져, 내부 막과 외부 막 사이의 접촉 영역의 접촉 직경(D_c)을 감소시킨다. 역으로, 부상식 상부 챔버(236)의 유체를 내부로 펌핑함으로써 내부 막(216)의 에지가 외부 막(218)쪽으로 하강하여 접촉 영역의 접촉 직경(D_c)이 증가한다. 또한, 유체를 부상식 하부 챔버(234)의 내외부로 펌핑함으로써 외부 막(218)에 대한 내부 막(216)의 압력이 제어되나, 캐리어 헤드가 장전된 영역의 직경과 그 내부의 압력은 제어되지 않는다.

도 3a 및 도 3b를 참조하면, 리세스(26)가 플레튼(24)내부에 형성되며 투명부분(36)이 리세스 위에 놓인 폴리싱 패드(30)내에 형성된다. 구멍(26)과 투명 부분(36)은 캐리어 헤드의 병진 위치와 무관하게 플레튼의 회전의 일부분 중

에 기판 아래(10)를 통과하도록 위치된다. 폴리싱 패드(32)가 2 층의 패드라고 가정하면, 후방 층(32)의 일부를 제거하고 투명한 플러그(36)를 커버 층(34) 내측에 삽입함으로써 얇은 패드 부분(36)이 구성될 수 있다. 플러그(36)는 예를 들어 충전제 없이 형성될 수 있는 상당히 순수한 폴리머 또는 폴리우레탄일 수 있다. 일반적으로, 투명한 부분(36)의 재료는 비-자성 및 지-전도성이어야 한다.

도 3a 및 도 4를 참조하면, 제 1 폴리싱 스테이션(22a)은 인-시튜 와류 모니터링 시스템(40)과 광학 모니터링 시스템(140)을 포함한다. 와류 모니터링 시스템(40)과 광학 모니터링 시스템(140)은 폴리싱 공정 제어 및 엔드포인트 검출 시스템으로서의 역할을 할 수 있다. 제 2 폴리싱 스테이션(22b) 및 최종 폴리싱 스테이션(22c)은 모두 광학 모니터링 시스템은 포함하지만, 와류 모니터링 시스템은 어느 하나의 스테이션만이 추가로 포함할 수 있다.

와류 모니터링 시스템(40)은 기판의 금속 층내의 와류를 유도하는 구동 시스템(48)과 상기 구동 시스템에 의해 금속 층내에 유도된 와류를 검출하는 감지 시스템(58)을 포함한다. 상기 모니터링 시스템(40)은 플레튼과 함께 회전하는 리세스(26) 내부에 위치한 코어, 코어(42)의 한 부분에 감긴 구동 코일(44), 및 코어(42)의 다른 부분에 감긴 감지 코일(46)을 포함한다. 구동 시스템(48)용으로, 모니터링 시스템(40)은 구동 코일(44)에 연결된 오실레이터(50)를 포함한다. 감지 시스템(58)용으로, 모니터링 시스템(40)은 감지 코일(46)에 병렬로 접속된 캐패시터(52), 감지 코일(46)에 연결된 RF 증폭기(54), 및 다이오드(56)를 포함한다. 오실레이터(50), 캐패시터(52), RF 증폭기(54), 및 다이오드는 플레튼(24)으로부터 떨어져 위치될 수 있으며 회전 전기 유니온(29)을 통해 플레튼 내의 구성요소와 접속될 수 있다.

도 5를 참조하면, 작동시 오실레이터(50)는 구동 코일(44)을 구동시켜 코어(42)의 몸체를 통해 코어의 두 개의 극(42a, 42b) 사이로 연장하는 진동 자기장(48)을 발생시킨다. 적어도 자기장(48)의 일부는 폴리싱 패드(30)의 얇은 부분(36)을 통해 기판(10) 내측으로 연장한다. 금속층(12)이 기판 상에 존재하면, 진동 자기장(48)은 금속 층(12) 내에 와류를 발생시킨다. 와류는 금속 층(12)이 감지 코일(46) 및 캐패시터(52)와 병렬로 임피던스 소오스로서의 역할을 하게 한다. 금속 층의 두께가 변경되면서 임피던스도 변경되어 감지 기구의 Q-팩터(Q-factor)의 변경을 초래한다. 감지 기구의 Q-팩터의 변경을 검출함으로써, 와류 센서는 와류 세기의 변화를 감지하여 금속 층(12)의 두께 변화를 감지한다.

도 6을 참조하면, 코어(42)는 상당히 높은 투자율(예를 들어, 약 2500)을 갖는 비전도성 재료로 형성된 U형 몸체일 수 있다. 특히, 코어(42)는 페라이트일 수 있다. 하나의 실시예에서, 두 개의 극(42a, 42b)은 약 0.6 인치 떨어져 있으며, 코어는 약 0.6 인치의 깊이를 가지며, 코어의 횡단면은 한 측면이 약 0.2 인치인 정방체이다.

일반적으로, 인-시튜 와류 모니터링 시스템(40)은 약 50kHz 내지 약 10MHz의 공명 주파수를 갖도록 구성된다. 예를 들어, 감지 코일(46)은 약 0.3 내지 30μ H의 인덕턴스를 가질 수 있으며 캐패시터(52)는 약 0.2 내지 20nF의 커패시턴스를 가질 수 있다. 구동 코일은 오실레이터로부터의 구동 신호를 동조시키도록 설계될 수 있다. 예를 들어, 오실레이터가 낮은 전압과 낮은 임피던스를 가진다면, 구동 코일은 낮은 임피던스를 제공하기 위한 몇몇 권선 회수(turn)만을 가질 수 있다. 다른 한편으로, 오실레이터가 높은 전압과 높은 임피던스를 가진다면, 구동 코일은 커다란 임피던스를 제공하기 위한 보다 많은 권선 회수를 가질 수 있다.

하나의 실시예에서, 감지 코일(46)은 코어의 각각의 분기부분 주위에 9회의 권선을 가지며 구동 코일(44)은 코어의 베이스 주위에 2회의 권선을 가지며 오실레이터는 약 0.1 내지 5.0 V의 크기로 구동 코일(44)을 구동시킨다. 또한, 하나의 실시예에서, 감지 코일(46)은 약 2.8μ H의 임피던스를 가지며, 캐패시터(52)는 약 2.2nF의 커패시턴스를 가지며, 공명 주파수는 약 2 MHz이다. 다른 실시예에서, 감지 코일은 약 3μ H의 임피던스를 가지며 커패시턴스(52)는 약 400nF

의 커패시턴스를 가진다. 물론, 이들 값들은 정확한 권선 형상, 코어의 조성과 형상, 및 캐패시터의 크기에 고도로 민감한 단지 예시적인 값들이다.

일반적으로, 전도성 필름의 예상 초기 두께가 클수록 소정의 공명 주파수는 낮다. 예를들어, 상당히 얇은, 예를들어 2000Å의 두께를 갖는 경우에, 커패시턴스와 인덕턴스는 상당히 높은, 예를들어 약 2MHz의 공명 주파수를 갖도록 선택될 수 있다. 다른 한편으로, 상당히 낮은, 예를들어 20000Å의 두께를 갖는 경우에, 커패시턴스와 인덕턴스는 상당히 낮은, 예를들어 약 50MHz의 공명 주파수를 갖도록 선택될 수 있다. 그러나, 높은 공명 주파수는 두꺼운 동 층에 대해 여전히 양호하게 작동할 수 있다. 또한, 매우 높은 주파수(2MHz 이상)는 캐리어 헤드의 금속 부분들로부터의 암 소음(background noise)을 감소시키는데 사용될 수 있다.

먼저, 도 3a, 도 4 및 도 7a를 참조하면, 폴리싱을 안내하기 이전에 오실레이터(50)는 임의 기판의 존재없이 LC 회로의 공명 주파수로 회전된다. 이러한 공명 주파수는 RF 증폭기(54)로부터의 출력 신호를 최대화 한다.

도 7b 및 도 8에 도시한 바와 같이, 폴리싱 작동을 위하여 기판(10)은 폴리싱 패드(30)와 접촉되게 놓인다. 기판(10)은 실리콘 웨이퍼(12) 및 전도성 층(16)을 포함할 수 있으며, 상기 전도성 층은 반도체 전도체 또는 절연체일 수 있는 하나 이상 패턴화된 하부 층(14) 위에 배열되는 동과 같은 금속 층이다. 티타늄 또는 질화 티타늄과 같은 배이어 층(18)은 하부 유전체로부터 상기 금속 층을 분리할 수 있다. 패턴화된 하부 층들은 예를들어 바이어스, 패드 및 인터콘넥트와 같은 금속 피쳐(features)를 포함할 수 있다. 폴리싱 이전에 커다란 도전 층(16)이 초기에는 상당히 두껍고 연속적이므로, 낮은 저항을 가지며 상당히 강한 와류가 전도성 층에 발생될 수 있다. 전술한 바와 같이, 와류는 감지 코일(46) 및 캐패시터(52)와 병행하여 임피던스 소오스로서의 역할을 하게 한다. 따라서, 전도성 필름(16)이 존재하면 센서 회로의 큐 - 팩터를 감소시켜 RF 증폭기(56)로부터의 신호 크기를 상당히 감소시킨다.

도 7c 및 도 8을 참조하면, 기판(10)이 폴리싱되면서 전도성 층(16)의 벌크 부분이 얇아진다. 도전 층(16)이 얇아지면서 시이트 저항이 증가되며 금속 층 내의 와류가 상쇄된다. 따라서, 금속 층(16)과 센서 회로(58) 사이의 커플링은 감소된다(즉, 실제 임피던스 소오스의 저항을 증가시킨다). 커플링이 감소하면서 센서 회로(58)의 큐 - 팩터가 원래 값 쪽으로 증가한다.

도 7d 및 도 8을 참조하면, 최종적으로 전도성 층(16)의 벌크 부분이 제거되어 패턴화된 절연 층(14) 사이의 트렌치 내에 전도성 인터콘넥트(16')를 남기게 된다. 이러한 시점에서, 일반적으로 작고 일반적으로 연속적인 기판 내의 전도성 부분과 센서 회로(58) 사이의 커플링은 최소화된다. 따라서, 센서 회로의 큐 - 팩터는 (기판이 전체적으로 없을 때의 큐 - 팩터만큼 크지는 않지만) 최대값에 도달한다. 이는 센서 회로로부터 플래튼으로의 출력 신호를 증폭시킨다.

이와 같이, 출력 신호의 증폭이 더 이상 증가하지 않고 레벨 오프(예를들어 로컬 플래토; local plateau)에 도달하는 시점을 감지함으로써 컴퓨터(90)는 폴리싱 엔드포인트를 감지할 수 있다. 이와는 달리, 하나 이상의 테스트 기판을 폴리싱함으로써 폴리싱 기계의 작동자는 금속 층의 두께 함수로서 출력 신호의 크기를 결정할 수 있다. 따라서, 엔드포인트 검출기는 금속 층의 특정 두께가 기판에 유지될 때 폴리싱을 멈출수 있다. 특히, 컴퓨터(90)는 증폭기로부터의 출력 신호가 소정 두께에 대응하는 전압 임계치를 초과하는 시점에서 엔드포인트를 조정할 수 있다. 이와는 달리, 와류 모니터링 시스템도 폴리싱 변수의 변화를 조정하는데 사용될 수 있다. 예를들어, 모니터링 시스템이 폴리싱 조건을 검출할 때 CMP 장치는 (예를들어, 고 선택도 슬러리로부터 저 선택도 슬러리로) 슬러리의 조성을 변경시킬 수 있다. 다른 실시예로서, 후술하는 바와 같이 CMP 장치는 캐리어 헤드에 인가된 압력 프로파일을 변경시킬 수 있다.

도 9a를 참조하면, 크기 변화의 감지 이외에도 와류 모니터링 시스템은 감지된 신호에 있어서의 위상 변위를 계산하기 위한 위상 변위 센서(94)를 포함할 수 있다. 금속 층이 폴리싱되면서 감지된 신호의 위상은 오실레이터(50)로부터의 구동 신호와 관련하여 변경된다. 이러한 위상차는 폴리싱된 층의 두께에 대해 보정될 수 있다.

와류 모니터링 시스템의 크기와 위상 변위 부분들에 대한 실시예가 도 9b에 도시되어 있다. 이 실시예에서는 도 9b에 도시한 바와 같이, 구동 및 센서 신호가 조합되어 위상차에 비례하는 듀티 사이클 또는 펄스 폭을 갖은 위상 변위 신호를 발생시킨다. 이 실시예에서 두 개의 XOR 게이트(100, 102)가 감지 코일(46) 및 오실레이터(50) 각각으로부터의 사인과 신호를 구형파 신호로 전환시키는데 사용된다. 두 개의 구형파 신호들은 제 3 XOR 게이트(104)의 입력측으로 공급된다. 제 3 XOR 게이트(104)의 출력은 두 개의 구형파 신호들 사이의 위상차에 비례하는 듀티 사이클과 펄스 폭을 갖은 위상 변위 신호이다. 상기 위상 변위 신호는 RC 필터에 의해 필터되어 위상차에 비례하는 전압을 갖는 DC형 신호를 발생한다. 이와는 달리, 상기 신호는 프로그램가능한 디지털 로직, 예를들어 위상 변위 측정을 수행하는 복합 프로그램가능한 로직 디바이스(CPLD) 또는 필드 프로그램가능한 게이트 어레이(FPGA) 내측으로 공급된다. 와류 모니터링 시스템의 크기 감지부에 대한 다른 실시예가 도 9c에 도시되어 있다. 구동 및 감지 신호 사이의 위상 차를 측정하는 와류 모니터링 시스템에 의해 발생하는 트레이스(trace)의 예가 도 10에 도시되어 있다. 위상 측정이 구동 주파수에 상당히 민감하므로, 위상 고정 루프 전자기장치가 추가될 수 있다.

위상 측정의 잠재적인 장점은 금속 층 두께에 대한 위상차의 종속성이 크기의 종속성에 비해 더욱 선형적이라는 점이다. 또한, 금속 층의 절대 두께가 가능한 두께의 폭 범위에 대해 결정될 수 있다는 점이다.

도 3a를 참조하면, 반사계 또는 간섭계로서의 기능을 할 수 있는 광학 모니터링 시스템(140)은 와류 모니터링 시스템(40)에 인접한 리세스(26) 내의 플래튼(24)에 대해 고정될 수 있다. 따라서, 광학 모니터링 시스템(140)은 와류 모니터링 시스템(40)에 의해 감시될 때와 거의 동일한 기관 상의 위치에 대한 반사율을 측정할 수 있다. 특히, 광학 모니터링 시스템(140)은 상기 플래튼(24)의 회전 축으로부터의 와류 모니터링 시스템(40)과 동일 거리에서 기관 부분을 측정하도록 위치될 수 있다. 따라서, 광학 모니터링 시스템(140)은 와류 모니터링 시스템(40)과 동일한 통로에서 기관을 통과할 수 있다.

광학 모니터링 시스템(140)은 광원(144)과 검출기(146)를 포함한다. 광원은 기관(10)의 노출 면과 충돌하도록 투명 윈도우(36)와 슬러리를 통해 전파되는 광 비임(142)을 발생시킨다. 예를들어, 광원(144)은 레이저 일 수 있으며 광 비임(142)은 조준된 레이저 비임일 수 있다. 광 레이저 비임(142)은 기관(10) 표면에 수직한 축선으로부터 각을 이루도록 레이저(144)로부터 투사될 수 있다. 또한, 구멍(26)과 윈도우(36)가 길다랗다면, 비임 확대기(도시않음)가 광 비임의 통로내에 위치되어 광 비임을 윈도우의 길다란 축선을 따라 확대시킬 수 있다. 일반적으로, 광학 모니터링 시스템은 전체 내용이 본원 발명에 참조된 미국 특허 제 6,159,073호 및 1998년 11월 2일자 출원된 미국 특허 출원번호 09/184,767호에 기술된 바와 같은 역할을 한다.

구동 및 감지 신호 사이의 위상 차를 측정하는 광학 모니터링 시스템에 의해 발생하는 트레이스(250)의 예가 도 11에 도시되어 있다. 트레이스(250)의 전체 형상은 다음과 같이 설명될 수 있다. 먼저, 금속 층(16)은 하부 패턴화된 층(14)의 형상으로 인한 몇몇 초기 형상을 가진다. 이러한 형상으로 인해, 광 비임은 금속 층과 충돌할 때 산란된다. 폴리싱 작동이 트레이스의 부분(252)에서 진행되면서 금속 층은 더욱 평탄화되며 폴리싱된 금속 층의 반사율이 증가한다. 금속 층의 벌크가 트레이스의 부분(254)에서 제거되면서 세기가 상대적으로 안정화된다. 일단 산화 층이 트레이스에 노출되면 전체 신호 세기가 트레이스의 부분(256)에서 빠르게 하강한다. 일단 산화 층이 트레이스에서 전체적으로 노출되면 산화 층이 제거될 때의 간섭 효과로 인한 미소한 진공을 겪더라도 세기는 트레이스의 부분(258)에서 다시 안정화된다.

도 3a 및 도 4를 다시 참조하면, CMP 장치(20)는 코어(42) 및 광원(44)이 기관(10) 아래에 있는 시점을 감지하기 위해 광 차단기와 같은 위치 검출기를 포함한다. 예를들어, 광 차단기는 캐리어 헤드(70)에 대향하는 일정한 지점에 장

작될 수 있다. 플래그(82)는 플래튼의 주변부에 부착된다. 플래그(82)의 길이 및 부착 지점은 투명 부분(36)이 기판(10) 아래를 통과하는 동안에 센서(80)의 광 신호를 차단하도록 선택된다. 이와는 달리, CMP 장치는 플래튼의 각 위치를 결정하는 인코더를 포함할 수 있다.

범용의 프로그램 가능 디지털 컴퓨터(90)는 와류(eddy current) 감지 시스템으로부터 강도 신호 및 위상 편이 신호(phase shift signal)와, 광학 모니터링 시스템으로부터 강도 신호를 수신(receive)한다. 모니터링 시스템이 플래튼의 각각의 회전에 대해 기판 아래에서 스위프하기 때문에, 금속층의 두께 및 하부층의 노출에 대한 정보는 인시츄(in-situ) 방식 및 연속 실시간(플레이트의 회전 당 한번)으로 축적된다. 기판이 일반적으로 투명부(36, 위치 센서에 의해 결정됨) 상에 놓일 때 컴퓨터(90)는 모니터링 시스템으로부터 샘플 측정치에 대해 프로그램될 수 있다. 폴리싱이 진행될 때, 금속층의 두께 또는 반사도는 변하고, 샘플 신호는 시간에 따라 변한다. 시간에 따라 변하는 샘플 신호는 트레이스(traces)로 지칭될 수도 있다. 모니터링 시스템으로부터의 측정치는 장치의 작업자가 폴리싱 작업의 진행 상황을 가시적으로 모니터링할 수 있도록 폴리싱 중에 출력 장치(92) 상에 디스플레이될 수 있다. 게다가, 후술되는 것처럼, 트레이스는 폴리싱 공정을 제어하고 금속층의 폴리싱 작업의 엔드포인트를 결정하는데 사용될 수도 있다.

와류 모니터링 시스템(40) 및 광학 모니터링 시스템(140)으로부터의 신호가 컴퓨터(90)에 공급되기 때문에, 상기 모니터링 시스템 중 어느 하나 또는 모두는 엔드포인트 결정을 위해 사용될 수 있다. 이로 인해 유전체 및 금속 재료의 폴리싱을 위한 화학 기계적 연마기가 강력한 엔드포인트 탐지 성능을 갖는다. 상기 두 시스템으로부터의 신호는 엔드포인트 기준을 위해 모니터링될 수 있고, 상기 두 시스템으로부터의 엔드포인트 기준의 탐지는 연마 엔드포인트 또는 공정 변수의 변화를 발생시키기 위해 다양한 부울 논리 연산(예를 들어, AND 또는 OR)과 조합될 수 있다. 가능한 공정 제어와 탐지기 논리에 대한 엔드포인트 기준으로는 국부적 최소치 또는 최대치, 기울기 변화, 진폭 또는 기울기의 한계값, 또는 이들의 조합을 포함한다. 일 모니터링 시스템은 다른 모니터링 시스템을 확인하기 위해 제공될 수도 있다. 예를 들어, 폴리싱 장치는 와류 신호 및 광학 강도 신호에서 적절한 엔드포인트 기준을 탐지할 때 폴리싱을 중지시킬 수 있다. 선택적으로, 일 시스템은 백업 엔드포인트 탐지기로서 작용할 수도 있다. 폴리싱 장치는 일 시스템, 예를 들어 와류 모니터링 시스템으로부터 제 1 엔드포인트 기준을 탐지할 때 폴리싱을 중지시킬 수 있고, 엔드포인트 기준이 소정의 시간 범위에서 탐지되지 않는다면, 폴리싱은 다른 시스템, 예를 들어 광학 모니터링 시스템으로부터 제 2 엔드포인트 기준을 탐지할 때 중지될 수 있다. 게다가, 상기 두 시스템이 폴리싱 작업의 상이한 부분에 대해 사용될 수도 있다. 예를 들어, 금속 폴리싱(특히 구리 폴리싱) 중에 대부분의 기판은 와류 모니터링 시스템으로 모니터링되면서 폴리싱될 수 있다.

금속층에 대한 폴리싱 작업에서, CMP 장치(20)는 충전층 벌크가 언제 제거되는지를 결정하고 하부 정지층이 실질적으로 언제 노출되는지를 결정하기 위해 와류 모니터링 시스템(40)과 광학 모니터링 시스템(140)을 사용한다. 컴퓨터(90)는 공정 변수를 언제 변경하고 폴리싱 엔드포인트를 언제 탐지하는가를 결정하기 위해 공정 제어 및 엔드포인트 탐지 논리를 샘플 신호에 적용한다. 와류 모니터링 시스템이 금속막이 소정의 두께에 도달했음을 결정할 때, 광학 모니터링 시스템은 하부 절연층이 언제 노출될지를 탐지하기 위해 사용될 수도 있다.

게다가, 본원에 참조되고 1999년 12월 13일에 출원된 미국 특허 출원 번호 제 09/460,529호에 개시된 것처럼, 컴퓨터(90)는 기판 아래의 각각의 스위프(sweep)에서 와류 모니터링 시스템(40) 및 광학 모니터링 시스템(140)으로부터의 측정치를 복수의 샘플 영역(96)으로 분리하고, 각각의 샘플 영역의 반경 위치를 계산하고, 진폭 측정치를 반경 범위로 분류하고, 각각의 샘플 영역에 대한 최소치, 최대치 및 평균치를 결정하고, 폴리싱 엔드포인트를 결정하기 위해 다중 반경 범위를 사용하도록 프로그램될 수 있다.

컴퓨터(48)는 캐리어 헤드(70)에 의해 캐리어 헤드의 회전율을 제어하기 위해 캐리어 헤드 회전 모터(76)에 적용되고, 플레튼 회전율을 제어하기 위해 플레튼 회전 모터(도시 않음)에 적용되거나, 폴리싱 패드에 공급되는 슬러리 조성을 제어하기 위해 슬러리 분배 시스템(39)에 적용된 압력을 제어하는 압력 기구에 연결될 수도 있다. 특히, 본원에 참조되고 2000년, 7월 5일에 출원된 미국 특허 출원 번호 제 09/609,426호에 개시된 것처럼, 측정치를 반경 범위로 분류한 후, 금속막 두께에 대한 정보는 캐리어 헤드에 의해 적용된 폴리싱 압력 프로파일을 주기적 또는 연속적으로 수정하기 위해 실시간으로 폐쇄 루프 제어기에 공급될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터는 엔드포인트 기준이 내측 반경 범위에 대해서가 아니라 외측 반경 범위에 대해 만족시키는지를 결정할 수 있다. 이는 하부층이 기판의 내측 영역이 아니라 환형 외측 영역에 노출됨을 나타낸다. 이러한 경우에, 컴퓨터는 압력이 적용되어 압력이 기판의 내측 영역에만 적용되는 영역의 직경을 감소시킴으로써, 기판의 외측 영역 상의 부식 및 디싱(dishing)을 감소시킨다.

구리층과 같은 금속층을 폴리싱하는 방법이 도 12의 흐름도에 도시된다. 우선, 기판은 금속층 벌크를 제거하기 위해 제 1 폴리싱 스테이션(22a)에서 폴리싱된다. 폴리싱 공정은 와류 모니터링 시스템(40)에 의해 모니터링된다. 소정의 두께, 예를 들어 2000Å의 구리층(14)이 하부 배리어층(16) 상에 남을 때(도면 참조), 폴리싱 공정은 중지되고 기판은 제 2 폴리싱 스테이션(22b)으로 이송된다. 제 1 폴리싱의 엔드포인트는 위상 편이 신호가 실험적으로 결정된 한계치를 초과할 때 발생할 수 있다. 제 1 폴리싱 스테이션에 대한 예시적인 폴리싱 변수로는 93rpm의 플레튼 회전율, 약 3psi의 캐리어 헤드 압력, 및 IC-1010 폴리싱 패드를 포함한다. 제 1 폴리싱 스테이션에서 폴리싱이 진행될 때, 와류 모니터링 시스템(40)으로부터의 반경 두께 정보는 기판 상에 있는 캐리어 헤드(200)의 장착 영역 및/또는 압력을 제어하기 위해 폐쇄 루프 피드백 시스템에 공급될 수 있다. 폴리싱 패드 상의 유지 링의 압력은 폴리싱 속도를 조절하기 위해 조절될 수도 있다. 이로 인해 캐리어 헤드는 폴리싱 속도의 비균일성 또는 유입되는 기판의 금속층 두께의 비균일성을 보상할 수 있다. 결과적으로, 제 1 폴리싱 스테이션에서의 폴리싱 후, 대부분의 금속층은 제거되고 기판 상에 잔류하는 금속층의 표면은 실질적으로 평탄화된다.

제 2 폴리싱 스테이션(22b)에서, 기판은 제 1 폴리싱 스테이션에서의 폴리싱 속도보다 낮은 폴리싱 속도로 폴리싱된다. 예를 들어, 폴리싱 속도는 약 2 내지 4의 인자, 즉 약 50% 내지 75% 만큼 감소된다. 폴리싱 속도를 감소시키기 위해, 캐리어 헤드 압력이 감소될 수 있고, 캐리어 헤드의 회전율이 감소될 수 있고, 슬러리의 조성이 폴리싱 슬러리를 보다 천천히 유입시키기 위해 변경될 수 있고, 또는 플레튼의 회전율이 감소될 수 있다. 예를 들어, 캐리어 헤드로부터 기판 상의 압력은 약 33% 내지 50% 감소될 수도 있으며, 플레이트 회전율 및 캐리어 헤드의 회전율은 약 50% 감소될 수도 있다. 제 2 폴리싱 스테이션(22b)에 대한 예시적인 폴리싱 변수로는 43rpm의 플레튼 회전율, 약 2psi의 캐리어 헤드 압력, 및 IC-1010 폴리싱 패드를 포함한다.

선택적으로, 폴리싱이 제 2 폴리싱 스테이션에서 시작할 때, 기판은 예를 들어 약 10초 동안, 어느 정도 높은 압력 및 회전율, 예를 들어 3psi 및 93rpm에서, 간단히 폴리싱될 수도 있다. "초기" 단계로 지칭될 수 있는 이러한 초기 폴리싱은 예상 작업 처리량을 유지하기 위해 금속층 상에 형성되는 자연 산화물을 제거하거나 플레튼 회전율 및 캐리어 헤드 압력의 램프 업(ramp-up)을 보상하기 위해 요구될 수도 있다.

폴리싱 공정은 광학 모니터링 시스템에 의해 제 2 폴리싱 스테이션(22b)에서 모니터링된다. 금속층이 제거되고 하부 배리어층이 노출될 때까지 제 2 폴리싱 스테이션(22b)에서 폴리싱이 진행된다. 물론, 금속층의 미소 부분이 기판 상에 잔류할 수 있지만, 금속층은 실질적으로 제거된다. 광학 모니터링 시스템은 배리어층이 노출될 때 반사도의 변화를 탐지할 수 있기 때문에 이러한 엔드포인트를 결정하는데 유용하다. 특히, 제 2 폴리싱 스테이션에 대한 엔드포인트는 광학 모니터링 신호의 진폭 또는 기울기가 컴퓨터에 의해 모니터링된 전체 반경 범위를 걸쳐 실험적으로 결정된 한계치 아래로 떨어질 때 발생할 수 있다. 이는 배리어 금속층이 실질적으로 모든 기판을 가로질러 제거되었음을 나타낸다. 물론, 폴리싱이 제 2 폴리싱 스테이션(22b)에서 진행될 때, 광학 모니터링 시스템(40)으로부터의 반사도 정보는 가장 먼저 노출되는 배리어층의 영역이 과폴리싱되는 것을 방지하기 위해 기판 상에서 캐리어 헤드(200)의 장착 영역 및/또는 압력을 제어하는 폐쇄 루프 피드백 시스템에 공급될 수 있다.

배리어층(barrier layer)이 노출되기 전에 폴리싱율(polishing rate)을 감소시킴으로써, 디싱(dishing) 및 부식 효과가 감소될 수 있다. 또한, 폴리싱 머신의 상대적인 반응 시간이 향상되어, 최엔드포인트 기준이 검지된 후 물질이 보다 적게 제거되면서, 폴리싱 머신이 폴리싱을 중지하고 제 3 폴리싱 스테이션으로 이동하게 한다. 또한, 예측된 폴리싱 중단 시간 근처에서 보다 높은 강도의 측정값이 수집될 수 있으며, 이로써 폴리싱 엔드포인트 계산의 정확성이 잠재적으로 향상된다. 그러나, 제 1 폴리싱 스테이션에서 대부분의 폴리싱 작동 동안 내내 높은 폴리싱율을 유지함으로써, 높은 수율이 달성된다. 바람직하게, 캐리어 헤드 압력(carrier head pressure)이 감소되거나 또는 다른 폴리싱 매개변수가 변화하기 전에, 총괄 폴리싱(bulk polishing)의 적어도 75%, 예컨대 80-90%가 완료된다.

금속층이 제 2 폴리싱 스테이션(22b)에서 일단 제거되었다면, 기판은 배리어층을 제거하기 위해 제 3 폴리싱 스테이션(22c)으로 이동된다. 제 2 폴리싱 스테이션에 대한 예시적인 폴리싱 매개변수는 103rpm의 플레튼 회전율, 약 3psi의 캐리어 압력 헤드, 및 IC-1010 폴리싱 패드를 포함한다. 선택적으로, 기판은 예컨대 약 5초 동안의 개시 스텝(initiation step), 예컨대 3psi의 다소 높은 압력, 및 예컨대 103rpm의 플레튼 회전율에 의해 일시적으로 폴리싱될 것이다. 폴리싱 프로세스는 제 3 폴리싱 스테이션(22c)에서 광학 모니터링 시스템에 의해 모니터링되고, 배리어층이 거의 제거되어 밑에 놓인 유전체 층(dielectric layer)이 거의 노출될 때 까지 계속 진행된다. 제 1 및 제 2 폴리싱 스테이션에서는 동일한 슬러리 용액이 사용되는 반면, 제 3 폴리싱 스테이션에서는 다른 슬러리 용액이 사용된다.

구리층과 같은 금속층을 폴리싱하는 다른 방법도 도 13에 플로우차트 형태로 도시되어 있다. 이 방법은 도 12에 도시된 방법과 유사하다. 그러나, 신속한 폴리싱 스텝과 느린 폴리싱 스텝 모두가 제 1 폴리싱 스테이션(22a)에서 수행된다. 배리어층의 제거는 제 2 폴리싱 스테이션(22b)에서 수행되며, 버핑 스텝(buffing step)은 최종 폴리싱 스테이션(22c)에서 수행된다.

다양한 폴리싱 시스템에서 와류(eddy current) 및 광학 모니터링 시스템이 사용될 수 있다. 폴리싱면과 기판 사이에서 상대 이동을 제공하도록 폴리싱 패드 또는 캐리어 헤드 중 어느 하나, 또는 이들 모두가 이동될 수 있다. 폴리싱 패드는 플레튼, 공급 롤러와 테이크-업 롤러 사이로 연장된 테이프, 또는 무한 벨트에 고정된 원형(또는 일부 다른 형상) 패드일 수 있다. 폴리싱 패드는 플레튼 상에 고정되거나, 폴리싱 작동 사이에 플레튼 위로 점진적으로 전진하거나, 또는 폴리싱 동안 플레튼 위로 연속적으로 구동될 수 있다. 이러한 폴리싱 패드는 폴리싱 동안 플레튼에 고정될 수 있거나, 또는 폴리싱 동안 플레튼과 폴리싱 패드 사이에서 유체 지지(fluid bearing)가 존재할 수 있다. 폴리싱 패드는 표준형(예컨대, 첨가재가 있거나 또는 없는 폴리우레탄) 러프 패드(rough pad), 소프트 패드(soft pad), 또는 고정-연마 패드(fixed-abrasive pad)일 수 있다. 기판이 없는 경우 튜닝되지 않고, 폴리싱된 또는 폴리싱되지 않은 기판(캐리어 헤드에 의해 또는 캐리어 헤드 없이)이 존재하는 상태에서 발진기(oscillator)의 구동 주파수가 공명 주파수로 조율(tuning)될 수 있거나, 또는 다소 다른 기준으로 조율된다.

광학 모니터링 시스템(140)은, 동일한 구멍 내에 위치되는 것으로 상술하였지만, 와류 모니터링 시스템(40)과는 상이한 플레튼 상의 위치에 위치될 수 있다. 예컨대, 광학 모니터링 시스템(140) 및 와류 모니터링 시스템(40)은 플레튼의 대향 측부에 위치될 수 있어서, 이들이 교대로 기판 표면을 스캔할 수 있다.

도 14를 참조하면, 다른 실시예에 있어서, 제 1 폴리싱 스테이션은 맴돌이 모니터링 시스템(40)만을 포함하고, 광학 모니터링 시스템을 포함하지 않는다. 이 경우, 패드의 섹션(36')은 이송에 필요하지 않다. 그러나, 섹션(36')이 비교적 얇은 것이 유리할 것이다. 예컨대, 폴리싱 패드(30)가 2개층의 패드라고 가정하면, 배면층(backing layer; 32')의 일부분(33')을 제거함으로써 얇은 패드 섹션(36')이 도 15a에 도시된 바와 같이 구성될 수 있다. 대안으로, 도 15b에 도시된 바와 같이, 덮개층(34')의 일부분 및 배면층(32')의 일부분(33') 모두를 제거함으로써, 얇은 패드 섹션(36')

이 형성될 수 있다. 따라서, 이러한 실시예는 얇은 패드 섹션(36") 내의 덮개층(34")의 바닥면 내에 오목부를 구비한다. 폴리싱 패드가 단일층 패드라면, 패드의 바닥면 내에 오목부를 형성하도록 패드 물질의 일부분을 제거함으로써 얇은 패드 섹션(36)이 형성될 수 있다. 폴리싱 패드가 그 자체로 충분히 얇거나, 또는 와류 측정을 방해하지 않는 자기 투과성(및 전도도)를 가진다면, 패드는 임의의 변경 또는 오목부를 필요로 하지 않는다.

와류 센서가 단일 코일을 사용한다면, 기관과 대향하는 폴리싱면의 일측부 상의 코일의 배치 또는 위상차의 측정과 같이, 본 발명의 다양한 양상이 여전히 적용된다. 단일 코일 시스템에서, 발진기 및 감지 캐패시터(sense capacitor)(또는 다른 센서 회로) 모두가 동일한 코일에 연결되어 있다.

지금까지 바람직한 실시예를 통해 본 발명을 설명하였다. 그러나, 본 발명은 상술한 실시예에 제한되지 않으며, 본 발명의 범위는 첨부된 청구범위에 의해 한정된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

기관내의 도전성 필름을 모니터링하기 위한 센서로서,

상기 기관에 근접하게 위치설정가능한 코어와,

상기 코어의 제 1부분 둘레에 감겨진 제 1코어와,

상기 제 1코일내에 교류 전류를 유도하고 상기 기관에 인접하게 교번 자기장을 발생하도록 상기 제 1코일에 전기적으로 결합된 오실레이터와,

상기 코어의 제 2부분 둘레에 감겨진 제 2 코어와,

상기 제 2코어에 전기적으로 결합된 캐패시터와,

출력 신호를 발생하도록 상기 제 2코일과 상기 캐패시터에 전기적으로 결합된 증폭기를 포함하는 센서.

청구항 2.

제 1항에 있어서, 상기 오실레이터가 상기 기관이 상기 코어에 인접하지 않을 때 공명 주파수를 제공하도록 선택된 주파수로 교류 전류를 유도하는 센서.

청구항 3.

제 1항에 있어서, 상기 코어가 필수적으로 페라이트로 구성되어 있는 센서.

청구항 4.

제 1항에 있어서, 상기 코어가 두 개의 프로그와 상기 두 개의 프로그 사이의 접속부를 포함하는 센서.

청구항 5.

제 4항에 있어서, 상기 제 1코일이 상기 접속부 둘레에 감겨지고 상기 제 1코일이 상기 두 개의 프로그 중 적어도 하나 둘레에 감겨져 있는 센서.

청구항 6.

제 1항에 있어서, 상기 제 2센서와 상기 캐패시터가 평행하게 연결되어 있는 센서.

청구항 7.

제 1항에 있어서, 상기 센서가 상기 기판에 대항하는 폴리싱 패드의 측면상에 위치설정되어 있는 센서.

청구항 8.

제 7항에 있어서, 상기 폴리싱 패드가 상부층과 하부층을 포함하며, 상기 코어에 인접한 상기 하부층의 적어도 일부분에 구멍이 형성되어 있는 센서.

청구항 9.

제 1항에 있어서, 상기 출력 신호를 수신하는 컴퓨터를 더 포함하는 센서.

청구항 10.

화학 기계 폴리싱 장치로서,

폴리싱 패드와,

폴리싱 면의 제 1측면에 대해서 기판을 유지하는 캐리어와,

상기 기판 맞은편에 상기 폴리싱 패드의 제 2측면상에 위치설정된 하나 이상의 인덕터와, 코일내에 교류 전류를 유도하고 교번 자기장을 발생하도록 상기 하나 이상의 인덕터에 전기적으로 결합된 오실레이터와 상기 하나 이상의 인덕터에 전기적으로 결합된 캐패시터를 포함하는 와류 센서와,

상기 폴리싱 패드와 캐리어 헤드사이의 상대적인 모션을 발생하기 위해서 상기 폴리싱 패드와 상기 캐리어 헤드중 적어도 하나에 결합된 모터를 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 11.

제 10항에 있어서, 상기 폴리싱 패드를 지지하는 플레튼을 더 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 12.

제 11항에 있어서, 상기 하나 이상의 인덕터가 상기 플레튼의 상부면내의 리세스내에 위치설정되어 있는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 13.

제 11항에 있어서, 상기 플레튼이 회전하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 14.

제 13항에 있어서, 상기 플레튼의 각도 위치를 결정하는 위치 센서와, 상기 하나 이상의 인덕터가 상기 기판에 인접하게 위치설정되면 상기 와류 센서로부터 데이터를 샘플링하는 제어기를 더 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 15.

제 10항에 있어서, 상기 리세스가 상기 폴리싱 패드의 제 2측면내에 형성되어 있는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 16.

제 15항에 있어서, 상기 폴리싱 패드가 상기 폴리싱 패드의 제 1측면상의 커버층과 상기 폴리싱 패드의 제 2측면상의 배면층을 포함하며, 상기 리세스가 상기 배면층의 일부분을 제거함으로써 형성되어 있는 화학 기계 폴리싱 장치

청구항 17.

제 15항에 있어서, 상기 와류 센서가 상기 폴리싱 패드내에 상기 리세스에 인접하게 위치설정된 두 개의 극을 가진 코어를 포함하며, 상기 하나 이상의 인덕터가 상기 코어의 제 1부분 둘레에 감겨져 있는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 18.

제 10항에 있어서, 상기 와류 센서가 코어를 포함하며, 상기 하나 이상의 인덕터가 상기 코어의 제 1부분 둘레에 감겨진 제 1인덕터와 상기 코어의 제 2부분 둘레에 감겨진 제 2인덕터를 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 19.

제 18항에 있어서, 상기 오실레이터가 상기 제 1코어내의 교류 전류를 유도하도록 상기 제 1코일에 전기적으로 결합되어 있는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 20.

제 19항에 있어서, 상기 캐패시터가 상기 제 2코일에 전기적으로 결합되어 있는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 21.

제 10항에 있어서, 상기 오실레이터가 상기 기판이 상기 코어에 인접하지 않을 때 공명 주파수를 제공하도록 선택된 주파수로 교류 전류를 유도하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 22.

제 21항에 있어서, 상기 와류로부터 출력 신호를 수신하는 엔드포인트 검출 시스템을 더 포함하며, 상기 엔드포인트 검출 시스템이, 상기 출력 신호가 예정된 초기값을 초과한다면 폴리싱 엔드포인트를 신호로 알리도록 형성되어 있는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 23.

폴리싱 작업 동안 기판내의 도전층의 두께를 모니터링하는 방법으로서,

폴리싱 면의 제 1측면상에 기판을 위치설정하는 단계와,

상기 기판의 맞은편에 있는 상기 폴리싱 면의 제 2측면상에 위치설정된 인덕터로부터, 상기 도전층내의 와류를 유도하도록 상기 폴리싱 면을 통해서 연장하는 교번 자기장을 발생하는 단계와,

상기 도전층의 두께의 변화에 의해 발생된 상기 교번 자기장의 변화를 검출하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 24.

제 23항에 있어서, 상기 인덕터로부터 교번 자기장을 발생하는 단계가 제 1주파수에서 오실레이터를 가진 제 1코일을 구동하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 25.

제 24항에 있어서, 상기 제 1주파수는 상기 기판이 상기 자기장에 인접하지 않을 때 공명 주파수인 방법.

청구항 26.

제 24항에 있어서, 상기 교번 자기장의 변화를 검출하는 단계가 제 2코일로 상기 교번 자기장을 감지하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 27.

제 26항에 있어서, 상기 제 2코일이 캐패시터와 평행하게 접속되는 방법.

청구항 28.

제 26항에 있어서, 상기 제 1코일이 상기 코어의 제 1부분 둘레에 감겨지고 상기 제 1코일이 상기 코어의 제 2부분 둘레에 감겨지는 방법.

청구항 29.

제 23항에 있어서, 상기 인덕터가 상기 기판에 인접할 때를 결정하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 30.

제 23항에 있어서, 상기 인덕터로부터 교번 자기장을 발생하는 단계가 제 1신호로 인덕터를 구동하는 단계를 포함하고, 상기 교번 자기장의 변화를 검출하는 단계가 상기 교번 자기장으로부터 제 2신호를 발생하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 31.

제 30항에 있어서, 상기 제 2신호의 진폭의 변화를 결정하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 32.

제 30항에 있어서, 상기 제 1신호와 상기 제 2신호 사이의 위상 차이(phase difference)의 변화를 결정하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 33.

화학 기계 폴리싱 방법으로서,

폴리싱 면의 제 1측면상에 도전층을 가진 기판을 위치설정하는 단계와,

상기 기판의 맞은편에 있는 상기 폴리싱 면의 제 2측면상에 위치설정된 인덕터로부터, 상기 도전층내의 와류를 유도하도록 상기 폴리싱 면을 통해서 연장하는 교번 자기장을 발생하는 단계와,

상기 도전층을 폴리싱하도록 상기 기판과 상기 폴리싱 면사이의 상대적 모션을 야기하는 단계와,
상기 기판내의 와류를 감지하는 단계와,
상기 감지된 와류가 엔드포인트 기준을 나타낼 때 폴리싱을 중지하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 34.

제 33항에 있어서, 상기 엔드포인트 기준이 초기값 강도를 통과하는 상기 와류 신호를 포함하는 방법.

청구항 35.

제 33항에 있어서, 상기 엔드포인트 기준이 상기 와류 신호를 평평하게 하는 슬로프를 포함하는 방법.

청구항 36.

화학 기계 폴리싱 장치로서,

폴리싱 면을 가진 폴리싱 패드와,

상기 폴리싱 면에 대해서 기판을 유지하는 캐리어와,

상기 폴리싱 패드와 캐리어 헤드사이의 상대적인 모션을 발생하기 위해서 상기 폴리싱 패드와 상기 캐리어 헤드중 적어도 하나 이상에 결합된 모터와,

하나 이상의 인덕터와, 상기 하나 이상의 인덕터내의 와류를 유도하고 교번 자기장을 발생하도록 상기 하나 이상의 인덕터에 전기적으로 결합된, 구동 신호를 발생하는 전류원과, 상기 교류 전기장을 감지하고 감지 신호를 발생하도록 상기 하나 이상의 인덕터에 전기적으로 결합된 커패시터를 포함하는 감지회로와, 상기 감지 신호와 상기 구동 신호사이의 위상 차이를 측정하도록 상기 전류원과 상기 감지 회로에 결합된 위상 비교 회로를 포함하는 도전층 두께 모니터링 시스템을 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 37.

제 36항에 있어서, 상기 인덕터와 오실레이터로부터 나온 사인형 신호를 제 1 및 제 2 방형파 신호(square-wave signals)로 변환하는 하나 이상의 제 1게이트를 더 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 38.

제 37항에 있어서, 상기 하나 이상의 제 1게이트가 XOR게이트인 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 39.

제 37항에 있어서, 제 3방형파 신호를 발생하도록 상기 제 1방형파 신호와 제 2방형파 신호를 비교하는 비교기를 더 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 40.

제 39항에 있어서, 상기 비교기가 XOR게이트인 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 41.

제 39항에 있어서, 상기 제 3신호를 상기 제 1과 제 2방향과 신호 사이의 위상 차이에 비례한 진폭을 가지는 서로 다른 신호로 변환하는 필터를 더 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 42.

제 36항에 있어서, 상기 위상 비교 회로는 상기 위상 차이에 비례하는 튜터 사이클로 신호를 발생하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 43.

화학 기계 폴리싱 작업 동안 기관상의 도전층의 두께를 모니터링하는 방법으로서,

상기 기관의 도전층내에 와류를 유도하는 교번 자기장을 발생하도록 제 1신호로 코일을 여기하는 단계와,

상기 교번 자기장을 측정하고 상기 자기장을 가르는 제 2신호를 발생하는 단계와,

상기 제 1 및 제 2 신호사이의 위상 차이를 결정하도록 상기 제 1 및 제 2신호를 비교하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 44.

화학 기계 폴리싱 장치로서,

폴리싱 패드와,

상기 폴리싱 패드의 제 1측면에 대해서 기관을 유지하는 캐리어와,

상기 기관에 인접해서 교번 자기장을 발생하도록 위치설정된 와류 모니터링 시스템과,

상기 기관으로부터 광빔을 발생하고 상기 광빔의 굴절율을 검출하는 광학 모니터링 시스템과,

상기 와류 모니터링 시스템과 상기 광학 모니터링 시스템으로부터 신호를 수신하는 제어기와,

상기 폴리싱 패드와 캐리어 헤드사이의 상대적인 모션을 발생하기 위해서 상기 폴리싱 패드와 상기 캐리어 헤드중 적어도 하나 이상에 결합된 모터를 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 45.

제 44항에 있어서, 상기 와류 모니터링 시스템이 상기 기관의 맞은편의 상기 폴리싱 패드의 제 2측면상에 위치설정된 인덕터를 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 46.

제 45항에 있어서, 상기 인덕터가 상기 폴리싱 패드 아래의 플레이트내의 캐비티내에 위치설정되어 있는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 47.

제 44항에 있어서, 상기 광학 모니터링 시스템이 상기 기관의 맞은편의 폴리싱 패드의 제 2측면상에 위치설정된 광검출기와 광원을 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 48.

제 47항에 있어서, 상기 광원과 광검출기가 상기 폴리싱 패드 아래의 플레튼내의 제 1캐비티내에 위치설정되어 있는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 49.

제 48항에 있어서, 상기 와류 모니터링 시스템이 상기 플레튼내의 제 1캐비티내에 위치설정된 인덕터를 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 50.

제 48항에 있어서, 상기 와류 모니터링 시스템이 상기 제 1캐비티와 따로 상기 플레튼내의 제 2캐비티내에 위치설정된 인덕터를 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 51.

제 47항에 있어서, 상기 와류 모니터링 시스템이 상기 기관의 맞은편의 폴리싱 패드의 제 2측면상에 위치설정된 인덕터를 포함하는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 52.

제 44항에 있어서, 상기 와류 모니터링 시스템과 상기 광학 모니터링 시스템은 상기 기관상에 거의 동일한 방사방향 위치를 모니터링하도록 위치설정되어 있는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 53.

제 44항에 있어서, 상기 제어기가 상기 와류 모니터링 시스템과 상기 광학 모니터링 시스템 양자로부터 나온 신호으로 엔드포인트 기준을 검출하도록 형성되어 있는 화학 기계 폴리싱 장치.

청구항 54.

화학 기계 폴리싱 방법으로서,

폴리싱 면의 제 1측면상에 기관을 위치설정하는 단계와,

상기 기관을 폴리싱하도록 상기 기관과 상기 폴리싱 면사이의 상대적 모션을 야기하는 단계와,

와류 모니터링 시스템으로부터 제 1신호를 발생하는 단계와,

광학 모니터링 시스템으로부터 제 2신호를 발생하는 단계와,

엔드포인트 기준을 위해서 상기 제 1 및 제 2신호를 모니터링하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 55.

제 54항에 있어서, 엔드포인트 기준이 상기 제 1 및 제 2신호 양자에서 검출되어지면 폴리싱을 중지하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 56.

제 54항에 있어서, 엔드포인트 기준이 상기 제 1 신호 이튼지 또는 제 2신호에서 검출되어지면 폴리싱을 중지하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 57.

제 54항에 있어서, 상기 기관이 금속층을 포함하며, 상기 모니터링 단계는 상기 금속층이 예정된 두께에 도달할 때까지 상기 와류 모니터링 시스템으로부터 나온 신호를 모니터링하고 그리고 나서 상기 광학 모니터링 시스템으로부터 나온 신호를 모니터링하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 58.

기관상에 금속층을 화학 기계 폴리싱하는 방법으로서,

제 1폴리싱 속도로 기관을 제 1폴리싱 면으로 제 1폴리싱 스테이션에서 폴리싱하는 단계와,

상기 제 1폴리싱 스테이션에서의 폴리싱을 와류 모니터링 시스템으로 모니터링하는 단계와,

상기 와류 모니터링 시스템이, 상기 금속층의 예정된 두께가 상기 기관상에 남아 있는 것을 알리 때 상기 기관을 제 2폴리싱 스테이션으로 이송하는 단계와,

상기 제 1폴리싱 속도보다 느린 제 2폴리싱 속도로 상기 기관을 제 2폴리싱 면으로 상기 제 2폴리싱 스테이션에서 폴리싱하는 단계와,

상기 제 2폴리싱 스테이션에서의 폴리싱을 광학 모니터링 시스템으로 모니터링하는 단계와,

상기 광학 모니터링 시스템이, 상기 제 1아래층이 적어도 부분적으로 노출하는 것을 알리 때 폴리싱을 중지하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 59.

제 58항에 있어서, 상기 제 1아래층이 배리어층인 방법.

청구항 60.

제 59항에 있어서, 상기 기관을 제 3폴리싱 스테이션으로 이송해서 상기 기관을 제 3폴리싱 면으로 폴리싱하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 61.

제 60항에 있어서, 상기 제 3폴리싱 스테이션에서의 폴리싱을 제 2광학 모니터링 시스템으로 모니터링하는 단계와, 상기 제 2광학 모니터링 시스템이, 상기 제 2아래층이 적어도 부분적으로 노출하는 것을 알리 때 폴리싱을 중지하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 62.

제 60항에 있어서, 상기 제 3폴리싱 스테이션에서의 폴리싱을 상기 제 2아래층이 거의 완전히 노출되어질 때까지 계속하는 방법.

청구항 63.

제 58항에 있어서, 상기 제 2폴리싱 스테이션에서의 폴리싱을 상기 제 1아래층이 거의 완전히 노출되어질 때까지 계속하는 방법.

청구항 64.

제 58항에 있어서, 상기 제 2폴리싱 스테이션에서의 기판을 폴리싱하는 단계가 상기 제 2폴리싱 스테이션에서의 나머지 폴리싱보다 높은 압력에서 초기 폴리싱 단계를 포함하는 방법.

청구항 65.

기판상에 금속층을 화학 기계 폴리싱하는 방법으로서,

제 1폴리싱 속도로 기판을 제 1폴리싱 면으로 제 1폴리싱 스테이션에서 폴리싱하는 단계와,

상기 제 1폴리싱 스테이션에서의 폴리싱을 와류 모니터링 시스템으로 모니터링하는 단계와,

상기 와류 모니터링 시스템이, 상기 금속층의 예정된 두께가 상기 기판상에 남아 있는 것을 알리 때 상기 제 1폴리싱 스테이션에서의 상기 폴리싱 속도를 감속하는 단계와,

상기 제 1폴리싱 스테이션에서의 폴리싱을 광학 모니터링 시스템으로 모니터링하는 단계와,

상기 광학 모니터링 시스템이, 제 1아래층이 적어도 부분적으로 노출하는 것을 알리 때 폴리싱을 중지하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 66.

제 65항에 있어서, 상기 제 1아래층이 배리어층인 방법.

청구항 67.

제 65항에 있어서, 상기 기판을 제 2폴리싱 스테이션으로 이송해서 상기 기판을 제 2폴리싱 면으로 폴리싱하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 68.

제 67항에 있어서, 상기 제 2폴리싱 스테이션에서의 폴리싱을 제 2광학 모니터링 시스템으로 모니터링하는 단계와, 상기 제 2광학 모니터링 시스템이, 상기 제 2아래층이 적어도 부분적으로 노출하는 것을 알리 때 폴리싱을 중지하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 69.

제 68항에 있어서, 상기 기판을 제 3폴리싱 스테이션으로 이송해서 상기 기판을 버핑면(buffing surface)으로 버핑하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 70.

제 65항에 있어서, 상기 제 2폴리싱 스테이션에서의 폴리싱을 상기 제 1아래층이 거의 완전히 노출되어질 때까지 계속하는 방법.

청구항 71.

기판상에 금속층을 화학 기계 폴리싱하는 방법으로서,

제 1폴리싱 속도로 기판을 폴리싱하는 단계와,

폴리싱을 와류 모니터링 시스템으로 모니터링하는 단계와,

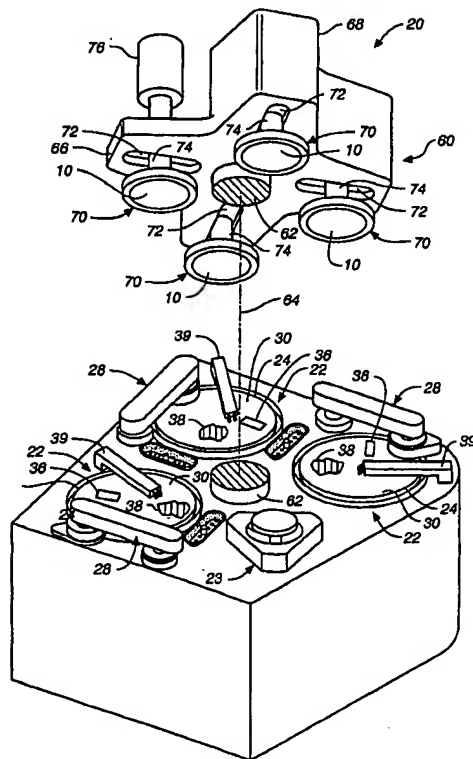
상기 와류 모니터링 시스템이, 상기 금속층의 예정된 두께가 상기 기판상에 남아 있는 것을 알리 때 상기 폴리싱 속도를 감속하는 단계와,

폴리싱을 광학 모니터링 시스템으로 모니터링하는 단계와,

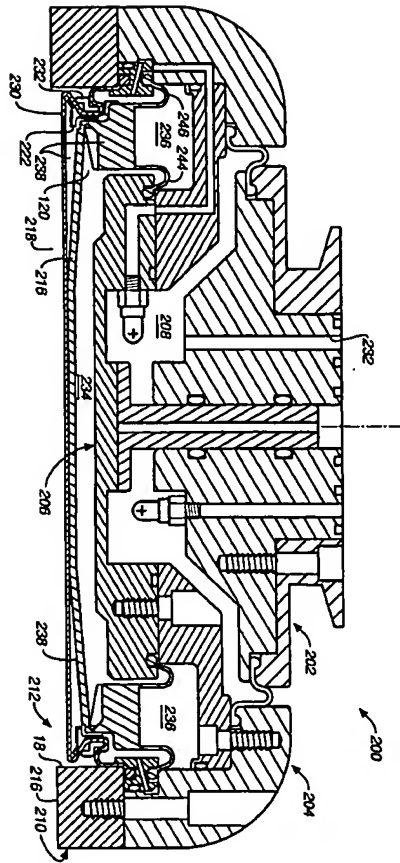
상기 광학 모니터링 시스템이, 아래층이 적어도 부분적으로 노출하는 것을 알리 때 폴리싱을 중지하는 단계를 포함하는 방법.

도면

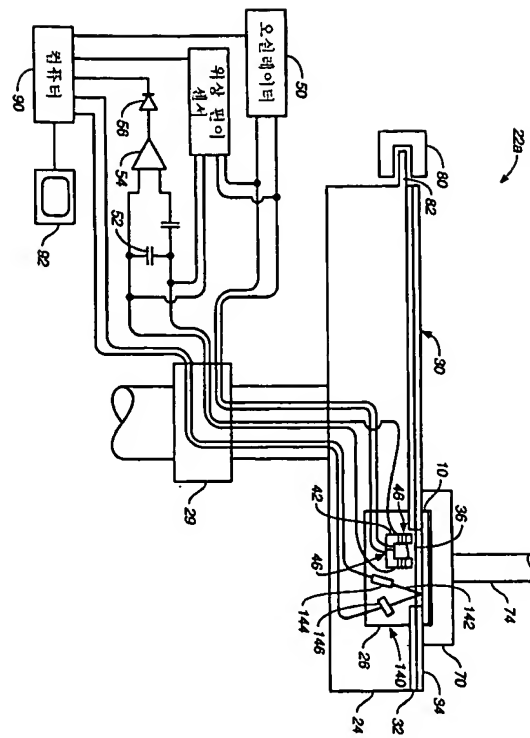
도면 1



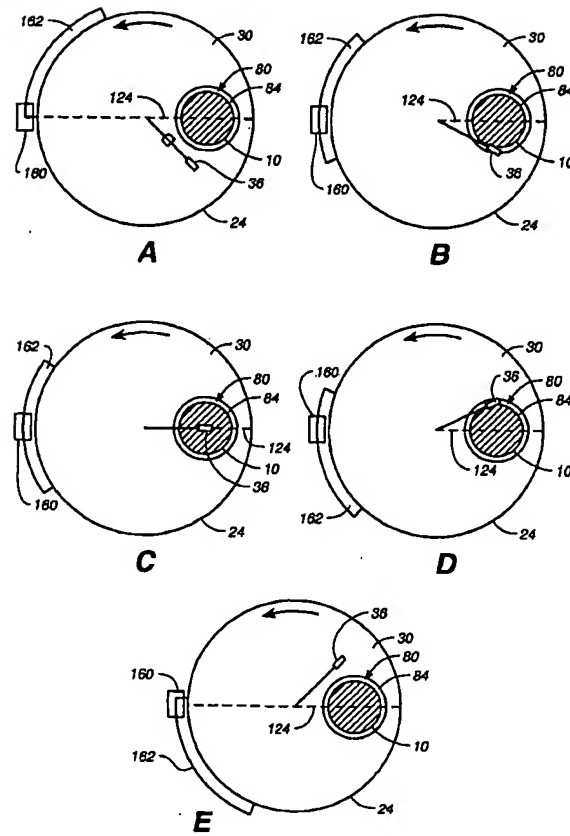
도면 2



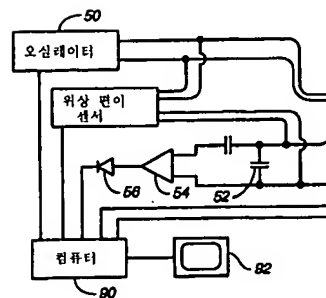
도면 3a



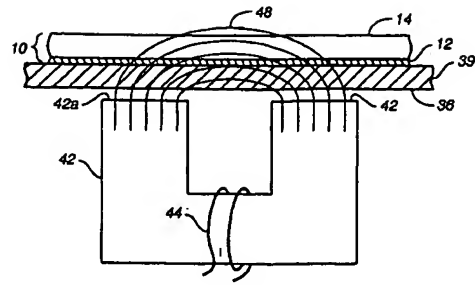
도면 3b



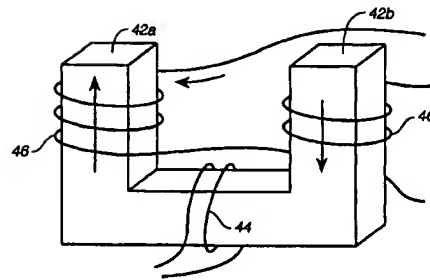
도면 4



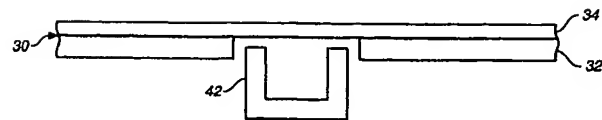
도면 5



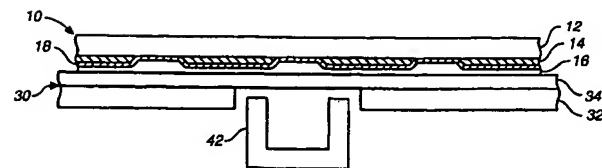
도면 6



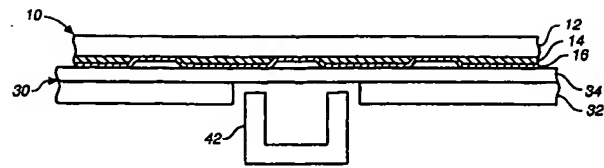
도면 7a



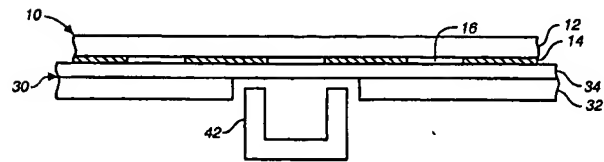
도면 7b



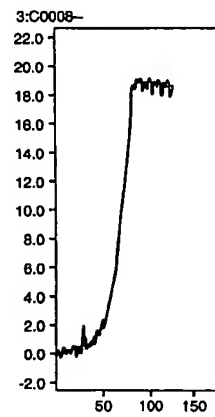
도면 7c



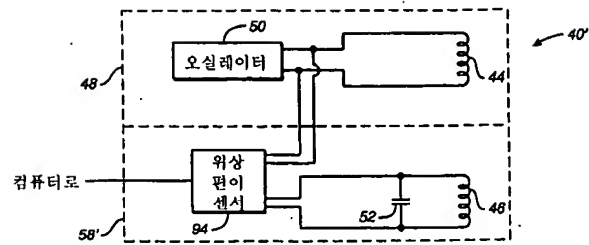
도면 7d



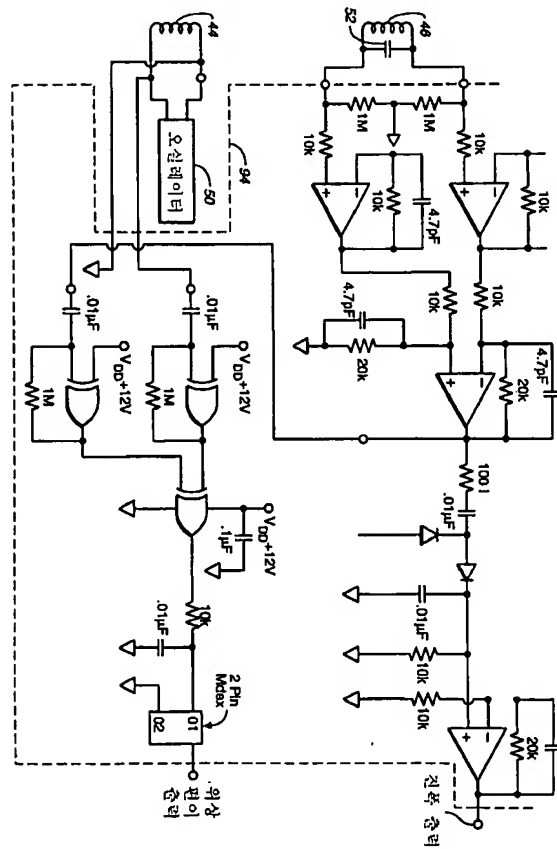
도면 8



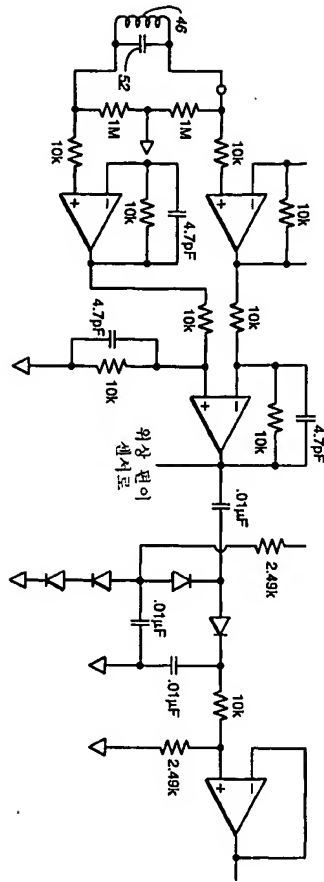
도면 9a



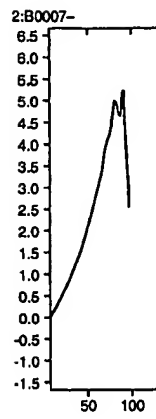
도면 9b



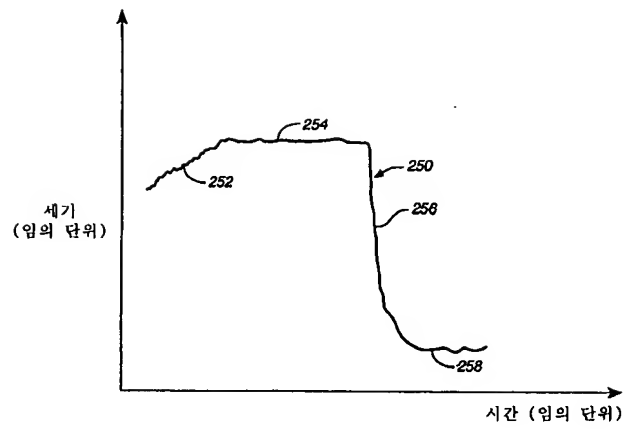
도면 9c



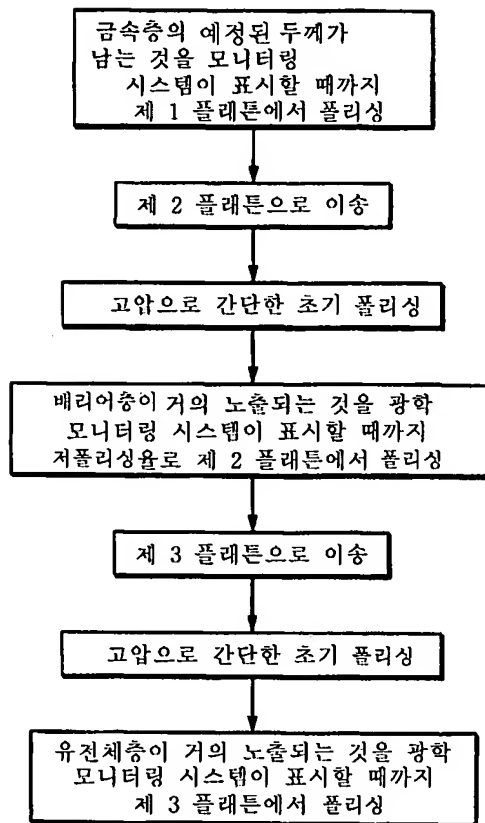
도면 10



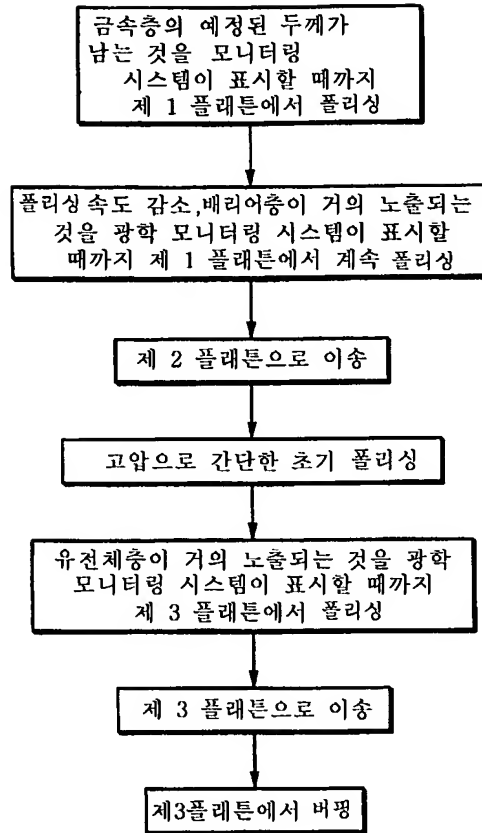
도면 11



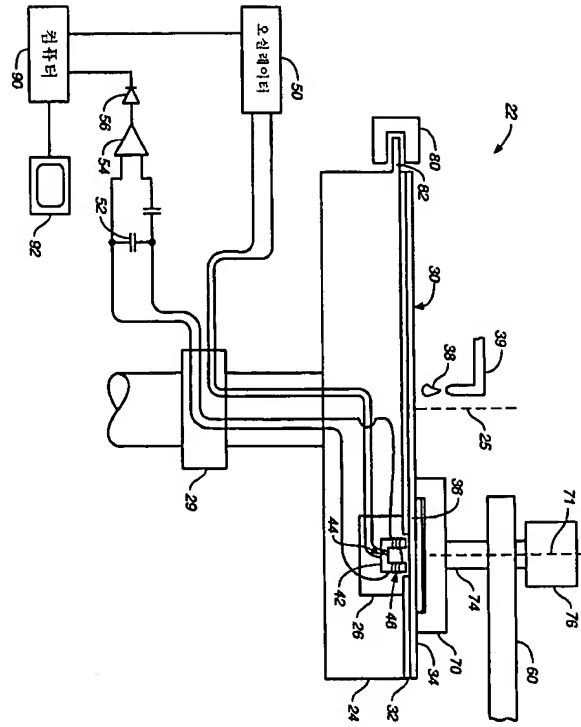
도면 12



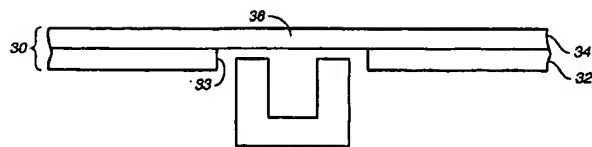
도면 13



도면 14



도면 15a



도면 15b

